

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos

Propuesta de Diseño Ergonómico Centrado en el Asiento del Usuario de Unidades de  
Transporte Interprovincial del Ecuador

Ing. Cristhian Fernando Bolaños Portilla

Nota de Autor:

Ing. Cristhian Fernando Bolaños Portilla, Facultad de Arquitectura e Ingeniería.  
Universidad Internacional SEK.

Directora Ing. Diana Belén Peralta Zurita M.Sc.

Codirector: Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:  
[cbolanos.mdm@uisek.edu.ec](mailto:cbolanos.mdm@uisek.edu.ec)

### **Declaración Juramentada**

Yo, Cristhian Fernando Bolaños Portilla, con cédula de identidad 040161371-6, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

**CRISTHIAN FERNANDO BOLAÑOS PORTILLA**  
C.I.: 040161371-6

## Índice de contenido

Declaración Juramentada .....	1
Resumen .....	14
Abstract.....	15
Introducción .....	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema .....	17
Justificación .....	18
Hipótesis .....	20
Estado del arte .....	20
Situación actual en el desarrollo de asientos de pasajeros y la industria local. ....	20
Dolencias y enfermedades producto de la incorrecta postura en el asiento.....	23
Ergonomía del pasajero.....	26
Actividades y posturas del pasajero durante un viaje. ....	27
Áreas en contacto con la geometría del asiento. ....	35
Antropometría. ....	47
Percentiles. ....	48
Perfil del cuerpo humano. ....	49
Antropometría del asiento.....	52
Soporte lumbar.....	58
Soporte cervical.....	59
Ángulos de inclinación y dimensiones según estudios previos. ....	59
La columna vertebral y su amplitud de movimiento.....	63
Normativa técnica ecuatoriana para asientos de bus interprovincial. ....	72
Método .....	73
Metodología.....	73
Dimensionamiento de las curvaturas fisiológicas de la columna vertebral. ....	73

Dimensiones antropométricas.....	79
Normativa.....	81
Modelado y construcción del asiento prototipo de prueba.....	81
Pruebas.....	86
Modelado y construcción del asiento prototipo final.....	96
Simulaciones.....	103
Análisis estadístico.....	106
Resultados.....	107
Dimensiones del asiento.....	107
Asiento prototipo de pasajero propuesto.....	109
Ensayos mecánicos.....	110
Grado de incomodidad.....	111
Inclinación a 105°.....	111
Inclinación a 118°.....	116
Inclinación a 130°.....	120
Resultados de los participantes de mayor y menor estatura.....	125
Distribución de la fuerza ejercida por las regiones posteriores del cuerpo.....	129
Distribución de la presión generada por los tres tipos de asientos en base a la simulación.....	145
Discusión de resultados.....	148
Conclusiones.....	153
Recomendaciones.....	154
Referencias bibliográficas.....	155
Anexos.....	161

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Planos (a) y modelo real del asiento (b).....	21
<i>Figura 2.</i> Planos (a) y modelo real del asiento (b).....	21
<i>Figura 3.</i> Planos (a) y modelo real del asiento (b).....	22
<i>Figura 4.</i> Lumbalgia aguda y crónica. Representación del dolor generado.....	24
<i>Figura 5.</i> Cervicalgia. ....	24
<i>Figura 6.</i> Hernia discal.....	25
<i>Figura 7.</i> Enfermedad diverticular.....	25
<i>Figura 8.</i> Las posturas de tres grupos de actividad representados por el modelo humano.....	27
<i>Figura 9.</i> Investigación de las actividades típicas de los pasajeros de tren y las posturas resultantes.....	28
<i>Figura 10.</i> Visualización de los resultados en RAMSIS: postura erguida (izquierda), postura estándar (media), postura relajada (derecha).....	29
<i>Figura 11.</i> Proyección del maniquí RAMSIS en el plano 2D mostrando los ángulos de articulación medidos .....	30
<i>Figura 12.</i> Representación visual de los ángulos del cuerpo observados para las posturas correspondientes a las distintas actividades (a - e). Las líneas negras representan los valores medios; Las áreas grises representan los ángulos mínimos y máximos observados.....	31
<i>Figura 13.</i> Influencia entre las actividades, las posturas y los ángulos de inclinación. Autor. 32	
<i>Figura 14.</i> Áreas con sensibilidades significativamente diferentes.....	35
<i>Figura 15.</i> Índice de incomodidad representado en el mapa del cuerpo.....	36
<i>Figura 16.</i> Comodidad (color verde) e incomodidad (color tomate/rojo) registrada en cada región del cuerpo. El número representa la cantidad de personas que indicaron comodidad o molestia en la zona señalada .....	37
<i>Figura 17.</i> Comparación entre la presión generada por el ajuste automático del asiento (basado en 42 sujetos) y la distribución de presión ideal.....	38
<i>Figura 18.</i> Distribución de la presión del asiento en un asiento de espuma blanda sin soporte lumbar (A) frente a un asiento de espuma firme con respaldo lumbar (B).....	39
<i>Figura 19.</i> División de dos bandas de presión para seis partes del cuerpo (izquierda, número de sensores entre paréntesis, fila por columna) y distribución de presión ejemplar (derecha, una presión de pico más alta en la nalga izquierda).....	40
<i>Figura 20.</i> División de la banda de presión en cuatro partes del cuerpo (izquierda, número de sensores entre paréntesis, fila por columna) y distribución de presión ejemplar (derecha).....	41

<i>Figura 21.</i> La distribución de la presión de tres condiciones diferentes de asientos en la posición sentado inicial para un sujeto.....	42
<i>Figura 22.</i> Regiones, Termogramas de la posición de la muestra durante el enfriamiento y Puntos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov .....	43
<i>Figura 23.</i> Dirección del movimiento en la postura sentada .....	44
<i>Figura 24.</i> PSD de las historias de tiempo de aceleración medidas en la base del asiento en las direcciones X, Y, y Z: (a) y (b) eje X; (c) y (d) eje Y, (e) y (f) eje Z. (A), (c) y (e) PSD de la historia de tiempo de aceleración no ponderada; (B), (d), y (f) historial de tiempo de aceleración ponderado por frecuencia.....	45
<i>Figura 25.</i> Curvatura del raquis de pie y al sentarse.....	46
<i>Figura 26.</i> Las curvas de la parte media de la espalda de dos sujetos en comparación con los correspondientes perfiles de asiento basados en la inspección visual en una estación de trabajo CAD. El valor de calificación es un valor de calificación MCS .....	46
<i>Figura 27.</i> Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo .....	47
<i>Figura 28.</i> Datos antropométricos expresados en percentiles.....	48
<i>Figura 29.</i> BMW Vision Efficient Dynamics Concep Car (izquierda) y en el interior asientos delanteros de perfil delgado (derecha) .....	49
<i>Figura 30.</i> Prototipo de asiento ligero contorneado al cuerpo (izquierda cojines inflables) ...	50
<i>Figura 31.</i> Representación de la curvatura como resultado del escaneado 3D del perfil del cuerpo humano .....	51
<i>Figura 32.</i> Perfil de la curvatura cuerpo sentado (izquierda) y curvatura de la superficie del respaldo (derecha) .....	51
<i>Figura 33.</i> Dimensiones antropométricas fundamentales para el diseño de asientos .....	52
<i>Figura 34.</i> Altura de asiento excesiva ocasiona inestabilidad del cuerpo y presiones que interfieren el riego sanguíneo .....	54
<i>Figura 35.</i> Altura de asiento demasiado baja genera inestabilidad del cuerpo .....	54
<i>Figura 36.</i> Profundidad excesiva del asiento .....	55
<i>Figura 37.</i> Profundidad del asiento demasiado corta.....	56
<i>Figura 38.</i> Tuberosidades isquiáticas vistas en sección aumentada de una figura humana.....	57
<i>Figura 39.</i> Lugares de referencia de la superficie lumbar en la línea del torso. SF = mujer pequeña, MM = hombre medio, LM = hombre grande (izquierda), Ilustración esquemática de las recomendaciones de soporte lumbar, dimensiones en mm (derecha).....	58
<i>Figura 40.</i> Reposacabezas con soporte de cuello en diferentes posiciones .....	59
<i>Figura 41.</i> Directrices para la comodidad de los asientos .....	60

<i>Figura 42.</i> Ángulos de inclinación del asiento, bandeja y respaldo.....	61
<i>Figura 43.</i> Las proporciones de asiento adoptadas por British Rail .....	62
<i>Figura 44.</i> Representación esquemática de las recomendaciones de parámetros de ajuste (mm) .....	62
<i>Figura 45.</i> Aspectos importantes del diseño del asiento.....	63
<i>Figura 46.</i> Alineación postural en posición vertical (A - D) .....	64
<i>Figura 47.</i> Modelo espinal geométrico de Harrison con arcos circulares para las curvaturas cervical y torácicas y un arco elíptico para la curvatura lumbar, todas ellas en postura vertical normal.....	65
<i>Figura 48.</i> Las tres categorías sentadas de Schoberth ubicadas sobre la base del centro de gravedad (A - D).....	66
<i>Figura 49.</i> Plantilla de Keegan para las distintas posturas (A – P) .....	67
<i>Figura 50.</i> Efectos de alterar el ángulo del muslo-tronco en la postura recostada lateral (A - E) .....	68
<i>Figura 51.</i> Constitución de la columna vertebral en vista lateral izquierda (a) y vista posterior (b) .....	69
<i>Figura 52.</i> Orientación de las carillas articulares.....	70
<i>Figura 53.</i> Flexión y extensión del tronco .....	71
<i>Figura 54.</i> Asientos de pasajeros para bus intrarregional e interprovincial.....	72
<i>Figura 55.</i> Semicírculos utilizados para la recreación de las curvaturas de la columna vertebral.....	73
<i>Figura 56.</i> Creación del perfil de la curvatura fisiológica de la espalda para 110° mediante el uso de semicírculos dimensionados .....	78
<i>Figura 57.</i> Representación de las dimensiones antropométricas en posición sentado.....	79
<i>Figura 58.</i> Modelado del asiento prototipo de prueba en el software.....	82
<i>Figura 59.</i> Estructura de doble asiento .....	83
<i>Figura 60.</i> Construcción del respaldo del asiento prototipo de prueba. Espuma de poliuretano (A, B, D) y espuma prensada (C) .....	83
<i>Figura 61.</i> Materiales usados en la fabricación del asiento prototipo de prueba. Espuma prensada (A), Espuma de poliuretano (B) y Algodón (C).....	84
<i>Figura 62.</i> Construcción del cojín del asiento prototipo de prueba (A - C).....	85
<i>Figura 63.</i> Asiento prototipo de prueba construido y montado (E) junto al asiento actual (F). .....	85
<i>Figura 64.</i> Participante 1 en la toma de peso y estatura.....	86

<i>Figura 65.</i> Mapa posterior del cuerpo y escala de incomodidad .....	88
<i>Figura 66.</i> Participante extremo más alto (izquierda) asiento prototipo y participante 2 (derecha) asiento actual .....	89
<i>Figura 67.</i> Resultados del participante más alto una vez terminadas las seis etapas de la prueba en ambos asientos para determinar el grado de incomodidad .....	90
<i>Figura 68.</i> Participante extremo más bajo (izquierda) asiento prototipo y participante 3 (derecha) asiento actual .....	91
<i>Figura 69.</i> Resultados del participante más bajo una vez terminadas las seis etapas de la prueba en ambos asientos para determinar el grado de incomodidad .....	92
<i>Figura 70.</i> Medidor digital de fuerza de empuje, modelo HF-200 con accesorios (derecha) y armado para medir la fuerza de empuje (izquierda).....	93
<i>Figura 71.</i> Ubicación de los 9 agujeros distribuidos en el respaldo y el cojín del asiento prototipo .....	94
<i>Figura 72.</i> Medición de la fuerza ejercida sobre el respaldo del asiento prototipo de prueba con el participante más alto (derecha).....	95
<i>Figura 73.</i> Modelado del asiento prototipo final en el software .....	96
<i>Figura 74.</i> Cojín del prototipo de prueba (izquierda) y cojín del prototipo final (derecha) ....	97
<i>Figura 75.</i> Condición ideal frente a la condición no deseada para el respaldo del asiento .....	98
<i>Figura 76.</i> Construcción del respaldo del asiento prototipo final.....	99
<i>Figura 77.</i> Materiales usados en el corte y posterior pegado de la espuma de poliuretano...	100
<i>Figura 78.</i> Ensamble del mecanismo para el desplazamiento del apoyacabeza .....	101
<i>Figura 79.</i> Cavidades realizadas sobre el respaldo de asiento prototipo final.....	102
<i>Figura 80.</i> Condiciones ideales para el respaldo del asiento .....	102
<i>Figura 81.</i> Probetas de espuma de poliuretano para ensayos mecánicos.....	104
<i>Figura 82.</i> Máquinas usadas en ensayos de densidad (izquierda), tracción y compresión (derecha).....	104
<i>Figura 83.</i> Caracterización de la Espuma de Poliuretano .....	105
<i>Figura 84.</i> Perfil de las curvaturas del cuerpo humano de pie: frontal y lateral (derecha) y sentado: lateral (izquierda) .....	107
<i>Figura 85.</i> Perfil de la curvatura fisiológica de la espalda para 110° (izquierda) y modelado en el software CAD del perfil ideal con las dimensiones resultantes (derecha) .....	108
<i>Figura 86.</i> Asiento prototipo de pasajero propuesto .....	109
<i>Figura 87.</i> Resultados del grado de incomodidad entre el asiento prototipo y el asiento actual para 105° .....	112



<i>Figura 88.</i> Resultados del grado de incomodidad entre el asiento prototipo y el asiento actual para 118° .....	116
<i>Figura 89.</i> Resultados del grado de incomodidad entre el asiento prototipo y el asiento actual para 130° .....	121
<i>Figura 90.</i> Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más alto en el asiento actual .....	125
<i>Figura 91.</i> Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más alto en el asiento prototipo .....	126
<i>Figura 92.</i> Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más bajo en el asiento actual .....	127
<i>Figura 93.</i> Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más bajo en el asiento actual .....	128
<i>Figura 94.</i> Resultados de la distribución de la fuerza ejercida por las cinco regiones del cuerpo .....	130
<i>Figura 95.</i> Fuerza ejercida por la región cervical en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c) .....	133
<i>Figura 96.</i> Fuerza ejercida por la región dorsal en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c) .....	135
<i>Figura 97.</i> Fuerza ejercida por la región lumbar en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c) .....	138
<i>Figura 98.</i> Fuerza ejercida por los glúteos en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c)..	141
<i>Figura 99.</i> Fuerza ejercida por los muslos en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c)..	144
<i>Figura 100.</i> Distribución de la fuerza ejercida por las 5 regiones posteriores según el registro del medidor digital de fuerza de empuje sobre los tres tipos de asientos (a, b, c). Fuerza en N (arriba) y D.E. (abajo) .....	144
<i>Figura 101.</i> Distribución de la presión generada por los tres tipos de respaldos (a, b, c) en la región posterior superior .....	145
<i>Figura 102.</i> Distribución de la presión generada por los tres tipos de cojines (a, b, c) en la región posterior inferior.....	147

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Una comparación de las tres posiciones de pasajeros con sus respectivos ángulos medios y su desviación estándar (SD)</i> .....	30
Tabla 2 <i>Media y desviación estándar de los ángulos corporales para cada actividad (n = 25)</i> .....	31
Tabla 3 <i>Las ocho posturas observadas en pasajeros</i> .....	33
Tabla 4 <i>Actividades principales, correspondientes a las posturas y puntuaciones de confort (Pregunta: ¿Cómo puede elevar el confort de su asiento practicando esta actividad?) Escala 1-10 no es cómodo - muy cómodo</i> .....	34
Tabla 5 <i>El grosor o el espacio (en milímetros) requerida para obtener un grado de confort para el asiento según las directrices de Boeing</i> .....	60
Tabla 6 <i>Amplitud de movimientos del raquis</i> .....	71
Tabla 7 <i>Datos de las participantes femeninas</i> .....	76
Tabla 8 <i>Datos de los participantes masculinos</i> .....	76
Tabla 9 <i>Características de los participantes</i> .....	77
Tabla 10 <i>Datos antropométricos de la población ecuatoriana y colombiana</i> .....	80
Tabla 11 <i>Propiedades físicas y mecánicas de la espuma de poliuretano de 2 cm y prensada</i> 84	
Tabla 12 <i>Dimensiones de la ubicación de cada agujero</i> .....	95
Tabla 13 <i>Comparación entre las dimensiones resultantes sugeridas por este estudio y las establecidas por la normativa para el dimensionamiento del asiento de pasajero de bus interprovincial</i> .....	108
Tabla 14 <i>Dimensiones sugeridas para otros elementos del asiento de pasajero</i> .....	109
Tabla 15 <i>Resultados de los ensayos mecánicos realizados a la espuma de poliuretano de alta densidad</i> .....	110
Tabla 16 <i>Escala de incomodidad aplicada durante la etapa de pruebas</i> .....	111
Tabla 17 <i>Resumen estadístico de la distribución de fuerza ejercida por las cinco regiones posteriores del cuerpo</i> .....	129
Tabla 18 <i>Resumen estadístico de la región cervical</i> .....	131
Tabla 19 <i>Tabla ANOVA región cervical</i> .....	131
Tabla 20 <i>Prueba de Múltiples Rangos A región cervical</i> .....	132
Tabla 21 <i>Prueba de Múltiples Rangos B región cervical</i> .....	132
Tabla 22 <i>Resumen estadístico de la región dorsal</i> .....	133
Tabla 23 <i>Tabla ANOVA región dorsal</i> .....	133

Tabla 24 <i>Prueba de Múltiples Rangos A región dorsal</i> .....	134
Tabla 25 <i>Prueba de Múltiples Rangos B región dorsal</i> .....	134
Tabla 26 <i>Resumen estadístico de la región lumbar</i> .....	136
Tabla 27 <i>Tabla ANOVA región lumbar</i> .....	136
Tabla 28 <i>Prueba de Múltiples Rangos A región lumbar</i> .....	137
Tabla 29 <i>Prueba de Múltiples Rangos B región lumbar</i> .....	137
Tabla 30 <i>Resumen estadístico de los glúteos</i> .....	138
Tabla 31 <i>Tabla ANOVA glúteos</i> .....	139
Tabla 32 <i>Prueba de Múltiples Rangos A glúteos</i> .....	139
Tabla 33 <i>Prueba de Múltiples Rangos B glúteos</i> .....	140
Tabla 34 <i>Resumen estadístico de los muslos</i> .....	141
Tabla 35 <i>Tabla ANOVA muslos</i> .....	142
Tabla 36 <i>Prueba de Múltiples Rangos A muslos</i> .....	142
Tabla 37 <i>Prueba de Múltiples Rangos B muslos</i> .....	143

## Índice de anexos

<i>Anexo 1.</i> Software Siemens NX versión 10.0 .....	161
<i>Anexo 2.</i> StatGraphics Centurion XVI versión 16.2.04 .....	161
<i>Anexo 3.</i> LS-Dyna versión 9.0.1 .....	162
<i>Anexo 4.</i> Plano respaldo del asiento .....	162
<i>Anexo 5.</i> Plano cojín del asiento.....	163
<i>Anexo 6.</i> Equipo de medición de fuerza de empuje .....	163
<i>Anexo 7.</i> Asiento prototipo de prueba (izquierda) y asiento actual (derecha).....	164
<i>Anexo 8.</i> Participante femenina en toma de peso y estatura.....	164
<i>Anexo 9.</i> Participante femenina iniciando la prueba para determinar el grado de incomodidad .....	165
<i>Anexo 10.</i> Participantes realizando las pruebas para determinar el grado de incomodidad...	165
<i>Anexo 11.</i> Resultados del grado de incomodidad de los hombres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 105° .....	166
<i>Anexo 12.</i> Resultados del grado de incomodidad de los hombres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 118° .....	166
<i>Anexo 13.</i> Resultados del grado de incomodidad de los hombres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 130° .....	167
<i>Anexo 14.</i> Resultados del grado de incomodidad de las mujeres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 105° .....	167
<i>Anexo 15.</i> Resultados del grado de incomodidad de las mujeres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 118° .....	168
<i>Anexo 16.</i> Resultados del grado de incomodidad de las mujeres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 130° .....	168
<i>Anexo 17.</i> Resultados de la carga aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de compresión .....	169
<i>Anexo 18.</i> Resultados de la fuerza aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de compresión .....	170
<i>Anexo 19.</i> Resultados de la carga aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de tracción .....	171
<i>Anexo 20.</i> Resultados de la fuerza aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de tracción .....	172
<i>Anexo 21.</i> Mallado asiento actual.....	173

<i>Anexo 22.</i> Mallado asiento prototipo final .....	173
<i>Anexo 23.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 4 .....	174
<i>Anexo 24.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 5 .....	175
<i>Anexo 25.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 6 .....	176
<i>Anexo 26.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 7 .....	177
<i>Anexo 27.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 8 .....	178
<i>Anexo 28.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 9 .....	179
<i>Anexo 29.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 10 .....	180
<i>Anexo 30.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 11 .....	181
<i>Anexo 31.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 12 .....	182
<i>Anexo 32.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 13 .....	183
<i>Anexo 33.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 14 .....	184
<i>Anexo 34.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 15 .....	185
<i>Anexo 35.</i> Resultados del grado de incomodidad de la participante 16 .....	186
<i>Anexo 36.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 17 .....	187
<i>Anexo 37.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 18 .....	188
<i>Anexo 38.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 19 .....	189
<i>Anexo 39.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 20 .....	190
<i>Anexo 40.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 21 .....	191
<i>Anexo 41.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 22 .....	192
<i>Anexo 42.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 23 .....	193
<i>Anexo 43.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 24 .....	194
<i>Anexo 44.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 25 .....	195
<i>Anexo 45.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 26 .....	196
<i>Anexo 46.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 27 .....	197
<i>Anexo 47.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 28 .....	198
<i>Anexo 48.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 29 .....	199
<i>Anexo 49.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 30 .....	200
<i>Anexo 50.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 31 .....	201
<i>Anexo 51.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 32 .....	202
<i>Anexo 52.</i> Resultados del grado de incomodidad del participante 33 .....	203

### Abreviaturas

A.A.	Asiento Actual
A.P.F.	Asiento Prototipo Final
A.P.P.	Asiento Prototipo de Prueba
C.A.D.	Computer Aided Design (Diseño asistido por computadora)
C.A.E.	Computer Aided Engineering (Ingeniería asistida por computador)
CA.N.FA.C.	Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías
D. E.	Desviación Estándar
I.N.E.C.	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
I.N.E.N.	Servicio Ecuatoriano de Normalización
E. I.	Escala de Incomodidad
FE.NA.CO.TIP.	Federación Nacional de Cooperativas de Transporte de Pasajeros del Ecuador
L.D.S.	Diferencia Mínima Significativa
M.I.PRO.	Ministerio de Industrias y Productividad
N.T.E.	Norma Técnica Ecuatoriana
P.I.B.	Producto Interno Bruto
SE.N.PLA.DES.	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo

## Resumen

En el presente trabajo se describe el diseño y la fabricación de un prototipo de asiento de pasajero de bus interprovincial, para mejorar el confort del usuario durante un viaje de larga duración. El nuevo asiento integra dos soportes en el espaldar: uno cervical y el otro lumbar; además, optimiza la forma y profundidad del cojín. Para el desarrollo del diseño propuesto, se consideró: estudios antropométricos previos de la población ecuatoriana adulta, la normativa técnica vigente establecida por el INEN para este tipo de producto y el empleo de un software CAD-CAE, para realizar el modelado 3D y la simulación de la distribución de presión. El estudio muestra que, en el asiento actual, mientras mayor sea el ángulo de inclinación del respaldo, mayor es el grado de incomodidad que experimenta el usuario. Para la parte superior del cuerpo, la región dorsal soporta una mayor cantidad de presión; mientras que, para la parte inferior los glúteos hacen lo propio. La introducción de los soportes cervical y lumbar le otorgan al cuerpo estabilidad, reduciendo los esfuerzos innecesarios realizados en el asiento actual, principalmente se reduce la flexión realizada por las vértebras cervicales, para alcanzar un soporte entre el hueso occipital y la superficie del asiento, evitando que la curvatura de la región dorsal, cambie de cifosis (condición normal) a lordosis por dicha flexión; además, se mejoró considerablemente la postura adoptada por el usuario, previniendo el origen de ciertas enfermedades propias de permanecer sentado durante largos períodos de tiempo.

*Palabras clave:* Asiento de pasajero, Soporte cervical, Soporte lumbar, Vértebras cervicales, Vértebras dorsales, Vértebras lumbares, Columna vertebral, Curvaturas vertebrales, Regiones del cuerpo, Profundidad del cojín, Respaldo del asiento, Antropometría, Ergonomía, Modelado CAD, Simulación CAE.

**Abstract**

This paper describes the design and manufacture of a prototype interprovincial bus passenger seat, to improve user comfort during a long trip. The new seat integrates two supports in the back: one cervical and the other lumbar; In addition, it optimizes the shape and depth of the cushion. For the development of the proposed design, it was considered: previous anthropometric studies of the Ecuadorian adult population, the current technical regulations established by INEN for this type of product and the use of CAD-CAE software, to perform 3D modeling and simulation of the pressure distribution. The study shows that, in the current seat, the greater the angle of inclination of the backrest, the greater the degree of discomfort experienced by the user. For the upper part of the body, the dorsal region supports a greater amount of pressure; while, for the lower part, the glutes do the same. The introduction of the cervical and lumbar supports give the body stability, reducing the unnecessary efforts made in the current seat, mainly reduces the flexion made by the cervical vertebrae, to reach a support between the occipital bone and the surface of the seat, avoiding that the curvature of the dorsal region changes from kyphosis (normal condition) to lordosis due to said flexion; In addition, the posture adopted by the user was considerably improved, preventing the origin of certain illnesses inherent to sitting for long periods of time.

Key words: Passenger seat, Cervical support, Lumbar support, Cervical vertebrae, Dorsal vertebrae, Lumbar vertebrae, Spinal column, Vertebral curvatures, Body regions, Cushion depth, Seat backrest, Anthropometry, Ergonomics, CAD modeling, CAE simulation.



## Introducción

### Antecedentes

En la actualidad, los asientos montados en la mayoría de carrocerías de buses interprovinciales del país, son producto de fabricación nacional; sin embargo, el diseño de los mismos no ha sido desarrollado por ecuatorianos, contando así con modelos internacionales.

La base de dichos diseños proviene de fuentes europeas (Irizar), asiáticas (Yutong) y brasileñas (Marcopolo), teniendo estas dos últimas mayor presencia y aceptación en el país; además, las dimensiones de sus diseños, han sido establecidas para la antropometría de sus respectivas poblaciones. Las carroceras nacionales son las responsables directas de la fabricación de sus respectivos asientos, los cuales basan su diseño en las fuentes antes mencionadas. Dichos asientos son para buses de largos recorridos (interprovinciales).

Los parámetros considerados para el diseño de asientos de pasajeros en buses interprovinciales, son la ergonomía y la antropometría. Esta última, propia de cada población; es decir, la población de cada país requiere un diseño propio para sus usuarios. En caso de adoptar un diseño extranjero, este debería ser modificado.

Actualmente, el Ecuador no dispone de un registro antropométrico completo de su población, según lo indica el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2017), esto significa un estancamiento en el desarrollo ergonómico de productos; sin embargo, se dispone de pequeños informes con datos antropométricos ecuatorianos. Países vecinos como Colombia, dispone de datos antropométricos de su población, dichos datos, tienen una similitud del 93.4 % en relación a los datos antropométricos de la población ecuatoriana (Freire et al., 2014; Vargas, 2015; Ávila et al., 2015).

IMCE (2016), una de las empresas de mayor fabricación y montaje de carrocerías del país, indica que no ha realizado estudios direccionados al mejoramiento ergonómico de sus asientos para pasajeros de buses interprovinciales.

### **Planteamiento del problema**

El desarrollo de asientos para los distintos medios de transporte fue realizado hace varios años atrás, obteniendo de esta manera un modelo estándar, el cual, se mantiene ligado a intereses económicos, dando origen a las distintas “clases” dentro de un medio de transporte; dentro de ello, el transporte terrestre no ha sido la excepción.

A pesar del avance tecnológico y con ello las múltiples modificaciones que se han realizado a los vehículos de transporte terrestre, no únicamente en su exterior o carrocería sino también en su interior o habitáculo, el factor antropométrico entre otros, ha sido siempre una variable a considerar debido a su directa vinculación con la ergonomía de los usuarios.

La mayor parte de estudios han sido desarrollados en torno al asiento del conductor, principalmente para medios de transporte terrestre masivos; sin embargo, el asiento del pasajero de bus, ha sido muy poco tratado en los últimos años, no es sino hasta hoy en día que se pretende considerarlo, especialmente para vehículos pequeños debido al desarrollo en auge de automóviles autónomos, donde el habitáculo del mismo debe ofrecer una alta ergonomía al usuario (Franz et al., 2011; Mastriqt, 2015).

Medios de transporte masivos como el caso de buses, requieren mejorar el espacio destinado a los pasajeros (habitáculo), dentro de ello se encuentran los asientos, cuya función principal es la de ofrecerle a cada usuario el mayor confort posible durante un viaje, sin que este afecte a su salud.

Para el caso de Ecuador, las distintas cooperativas de transporte interprovincial ofrecen una cobertura nacional; sin embargo, no existe una cooperativa con una línea o flota presente en cada provincia del país y quizás este, es el inicio del problema (FENACOTIP, 2013).

La presencia de varias cooperativas de transporte interprovincial dentro del país, hacen que las flotas de buses de cada una de ellas, varíen entre sí, tanto en marca como en modelo; esto, implica que cada marca de carrocería disponga de un tipo de asiento específico, con lo cual, dependiendo del modelo de dicho asiento, la ergonomía del usuario se verá más o menos afectada.

Las principales falencias encontradas en los asientos de pasajeros locales, radican en la ausencia de apoyos, tanto lateral, lumbar y cervical; además, de una inadecuada profundidad del asiento; en otras palabras, es el usuario quien debe adaptarse a la forma del asiento (caso actual), cuando lo óptimo, es que la forma del asiento se acondicione a las curvaturas fisiológicas del cuerpo del usuario, garantizándole un apoyo adecuado en cada región. Pese a que existe una regulación técnica para este tipo de asientos (INEN NTE-1668, 2015), esta, no tiene ningún apartado que regule el diseño del mismo, factor que debería ser incluido en la normativa vigente, debido al tiempo de viaje al que está expuesto el usuario, que, en el menor de los casos, supera las dos horas y media (tiempo mínimo de viaje entre provincias), siendo este el problema de investigación.

### **Justificación**

Dentro del campo de investigación a nivel mundial, se dispone de varios estudios centrados al desarrollo del asiento para el conductor, mismo que es un factor de gran importancia; de igual manera, se encuentran estudios enfocados en asientos de oficina. Desafortunadamente, los resultados de dichos estudios no son aplicables a los asientos de

pasajeros, puesto que existen notables diferencias en cuanto a las restricciones de las actividades realizadas y las posturas corporales adoptadas (Jung et al., 1998; Park et al., 2014).

La información encontrada para los asientos de pasajeros, es menos común; inclusive, algunas investigaciones (Zhang, Helander, & Drury, 1996; Mastrigt, 2015) sugieren el estudio para este tipo de asientos y recalcan la importancia del mismo, no solo por el tema de confort sino también por las repercusiones del mismo en el ámbito de la salud.

A pesar de que los primeros estudios relacionados a la comodidad de los asientos (ergonomía) de pasajeros y sus actividades se realizaron hace más de 40 años (Oborne 1975; Branton y Grayson, 1976), no ha sido sino hasta la actualidad, que se pretende retomar completamente el tema debido al desarrollo tecnológico centrado en el usuario, los ejemplos son varios, desde dispositivos móviles hasta vehículos autónomos (Mastrigt, 2015).

En vista de ello, el objetivo principal del presente estudio es: Proponer un diseño de asiento de pasajero de bus interprovincial que mejore las condiciones ergonómicas del usuario ecuatoriano.

Con la finalidad de alcanzar el objetivo principal, los objetivos específicos planteados son:

1. Determinar los datos antropométricos de la población ecuatoriana a través de estudios previos, para definir las dimensiones adecuadas del asiento.
2. Establecer las dimensiones idóneas para los respectivos soportes del asiento: lumbar y cervical, a través de la recreación de las curvaturas de la columna vertebral.
3. Garantizar que el diseño propuesto cumpla con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 1668.

4. Validar el prototipo de asiento, mediante una escala de incomodidad de 5 puntos asignada a cada región de un mapa de cuerpo posterior y, a través de un medidor digital de fuerza de empuje para establecer la distribución de la fuerza ejercida por cada región.
5. Realizar simulaciones con los diseños CAD del asiento actual y el asiento propuesto, para determinar la distribución de la presión ejercida por las regiones posteriores del cuerpo sobre cada uno de ellos.

### **Hipótesis**

A partir de un previo estudio antropométrico de la población ecuatoriana, se podrá realizar el diseño, dimensionamiento y construcción del asiento de pasajero que permita mejorar la ergonomía del mismo en los buses de transporte interprovincial durante un viaje de larga duración.

### **Estado del arte**

#### **Situación actual en el desarrollo de asientos de pasajeros y la industria local.**

En los últimos años, el Ecuador ha tenido un incremento considerable de cooperativas de transporte interprovincial, de las cuáles, las carrocerías e interiores de sus unidades de transporte, son en su mayoría de fabricación nacional.

Los diseños empleados para dichas unidades, pese a ser de fabricación nacional no fueron desarrollados por ecuatorianos. Las bases de sus diseños provienen de fuentes extranjeras, una de ellas es la brasileña Marcopolo (2016), cuyo diseño es mostrado en la figura 1.

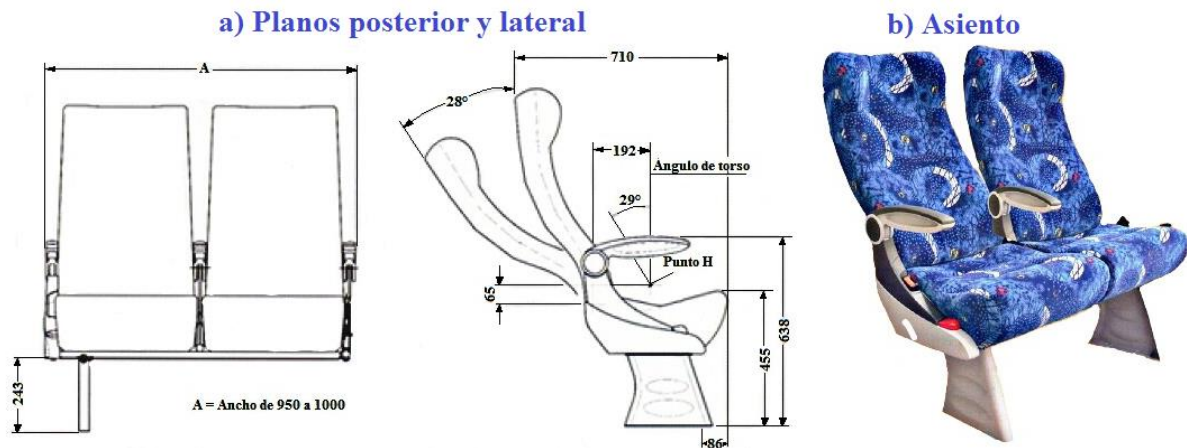


Figura 1. Planos (a) y modelo real del asiento (b). Marcopolo, 2016.

La carrocera europea Irizar (2016), ha servido también como referencia para el diseño de los asientos de pasajeros en los buses de transporte interprovincial. Su modelo, es mostrado en la figura 2.

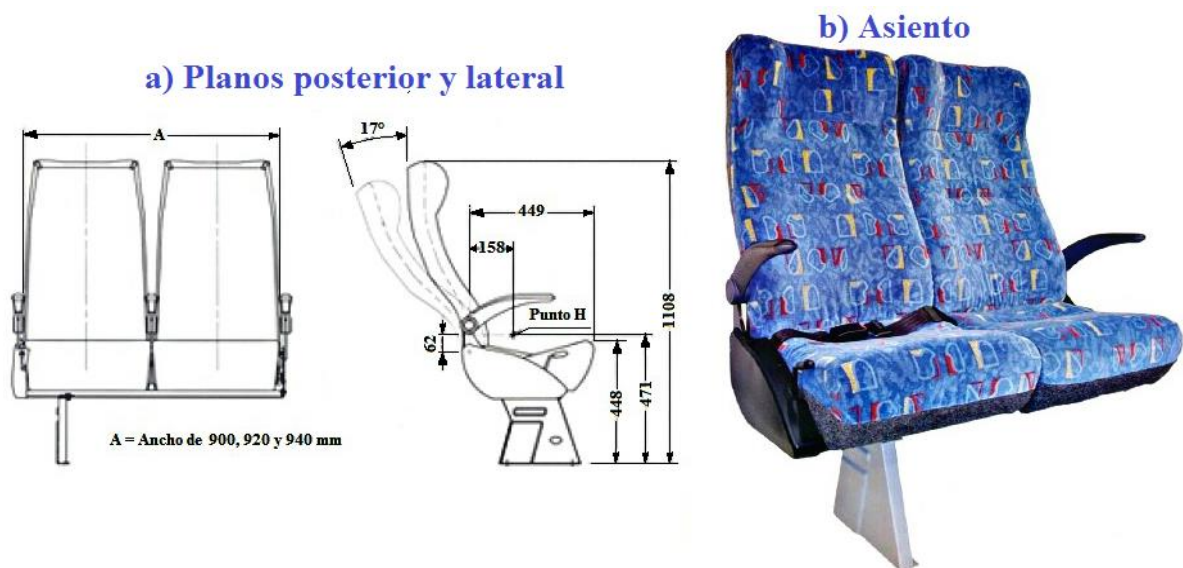


Figura 2. Planos (a) y modelo real del asiento (b). Irizar, 2016.

Otra de las referencias usadas, ha sido Yutong (2015), esta marca asiática tiene presencia en el país al igual que las anteriores y sus diseños han sido tomados como referencia para los asientos de pasajeros del medio local. Su modelo de asiento es mostrado en la figura 3.

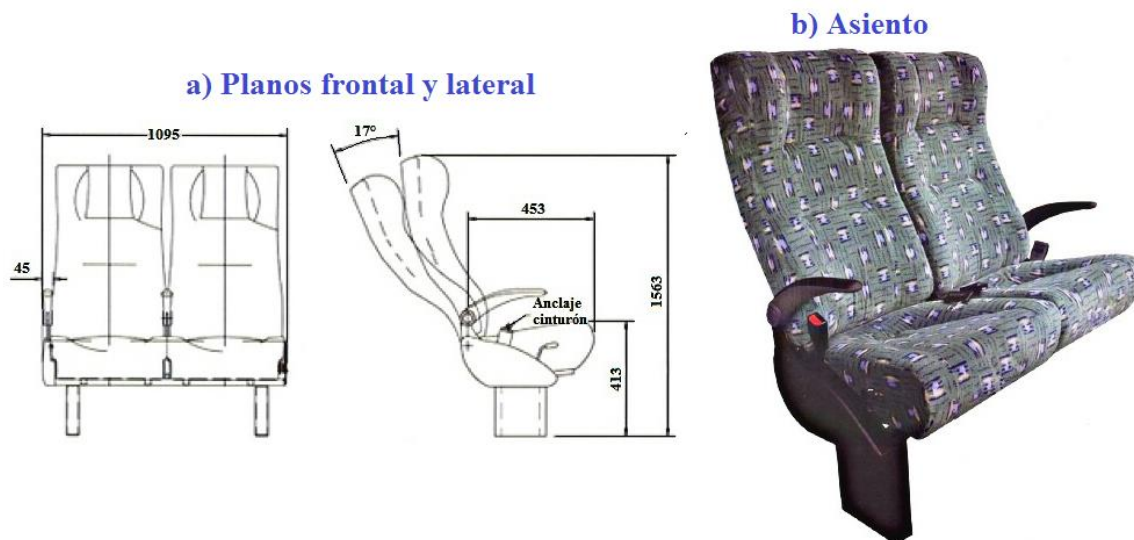


Figura 3. Planos (a) y modelo real del asiento (b). Yutong, 2015.

Los modelos antes descritos, fueron desarrollados en relación a su respectiva población, generando con ello una diferencia antropométrica significativa en relación a la ecuatoriana. Dentro de una unidad de transporte interprovincial del medio local, se hace necesario el rediseño de los asientos de pasajeros, considerando varios aspectos, entre los que se encuentran elementos de seguridad y confort para los mismos.

La ergonomía de un pasajero dentro de todo medio de transporte, se considera como uno de los factores primordiales; puesto que, desde el diseño propio del asiento hasta la interacción con el interior, están diseñados de tal modo que garanticen al usuario un viaje cómodo y placentero.

Uno de los aspectos (luego de la seguridad) que requiere mayor atención, es la relación entre la capacidad del medio de transporte y la comodidad de los pasajeros; ambas deben estar adecuadamente equilibradas.

Indistintamente del medio de transporte que se use, el diseño de un asiento ergonómico es uno de los factores más críticos, debido a que los pasajeros pasan prácticamente sentados durante el tiempo que dura su viaje.

Con el cambio de la matriz productiva, el Gobierno Nacional a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), impulsó la transformación de la economía, priorizando los sectores estratégicos; tal es el caso, de la industria. Dada la importancia de esta última dentro de dicho proceso, el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), resaltó el importante aporte que la industria metalmecánica (industria de la que forma parte el sector carroceros) del país, hace al cambio de la matriz productiva del Ecuador (SENPLADES, 2012).

Ekos (2015) menciona que, el sector metalmecánico en el 2014 tuvo una participación del 11.3 % dentro del total de manufactura registrado en el país; por lo que, dicho sector representa el 1.5 % del Producto Interno Bruto (PIB).

La Cámara Nacional de Fabricantes de Carrocerías (CANFAC), registró para el año 2014 una producción mensual de 127 carrocerías para buses; de estas, 45 corresponden a carrocerías para buses interprovinciales, ocupando el segundo lugar por debajo del tipo de carrocería para bus urbano (CANFAC, 2014). Con ello queda claro el aporte y la importancia de este sector dentro de la matriz productiva del país.

### **Dolencias y enfermedades producto de la incorrecta postura en el asiento.**

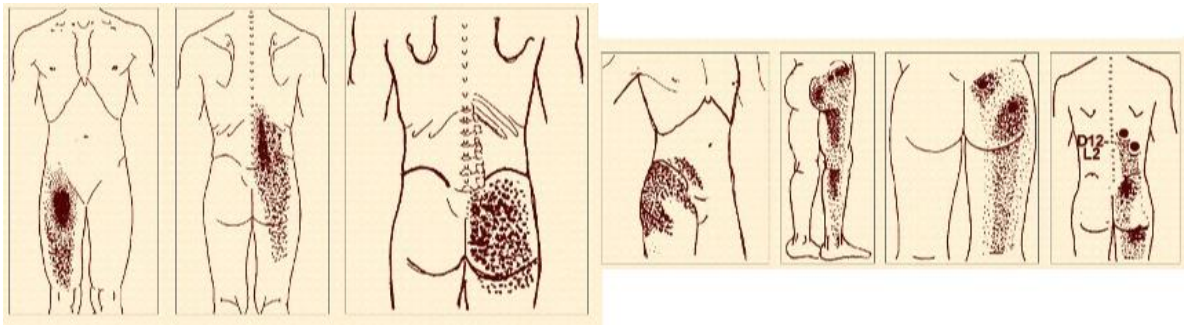
Los usuarios de un medio de transporte, no están exentos de sufrir afectaciones a su salud durante un viaje. Rivas (2014) menciona que, la mala postura adoptada por un pasajero durante un viaje perjudica la salud del mismo y genera problemas como dolores musculares y contracturas. Mantener una postura adecuada es tan importante como llevar una buena alimentación, ejercitarse o dormir adecuadamente.

Permanecer por un largo período de tiempo en una misma postura o que esta sea inadecuada, puede generar sobrecarga en ciertas zonas del cuerpo. Por lo general, las primeras



reacciones de dolor se presentan en la cintura, columna vertebral (lumbar, dorsal y cervical) y el trapecio.

Los casos clínicos son varios, se registran enfermedades como la lumbalgia (figura 4) y la cervicalgia. Martínez (2014) indica que, la principal causa de la lumbalgia es permanecer sentado por un largo período de tiempo, lo que provoca una sobrecarga en la musculatura de la espalda.



*Figura 4.* Lumbalgia aguda y crónica. Representación del dolor generado. Martínez, 2014.

Por otra parte, la cervicalgia (figura 5), es provocada por la posición del cuello, brazos y espalda durante el viaje o por la manipulación de textos o dispositivos electrónicos durante el mismo.



*Figura 5.* Cervicalgia. Notimundo, 2016.

Permanecer por mucho tiempo sentado es inevitable para varias personas, en la mayoría de los casos, esto sucede por trabajo, inclusive viajar. Todo ello puede tener serias

afectaciones a la salud y a largo plazo derivar en patologías crónicas como es el caso de las hernias discales (figura 6).

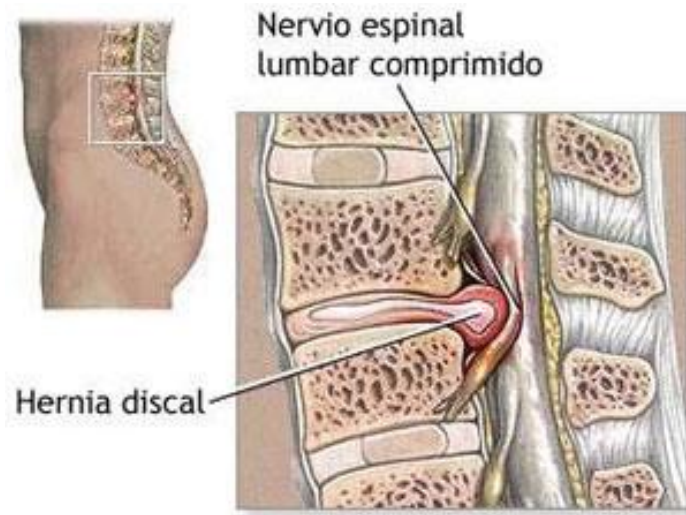


Figura 6. Hernia discal. Fiorela, 2015.

Vargas (2014) menciona que, es posible que se generen enfermedades de colon debido a la falta de movimiento, como es el caso de la diverticulitis (figura 7). El permanecer inmóvil por varias horas genera una deficiencia en el funcionamiento de la insulina, esto, genera problemas con triglicéridos y obesidad hasta el desarrollo de diabetes.

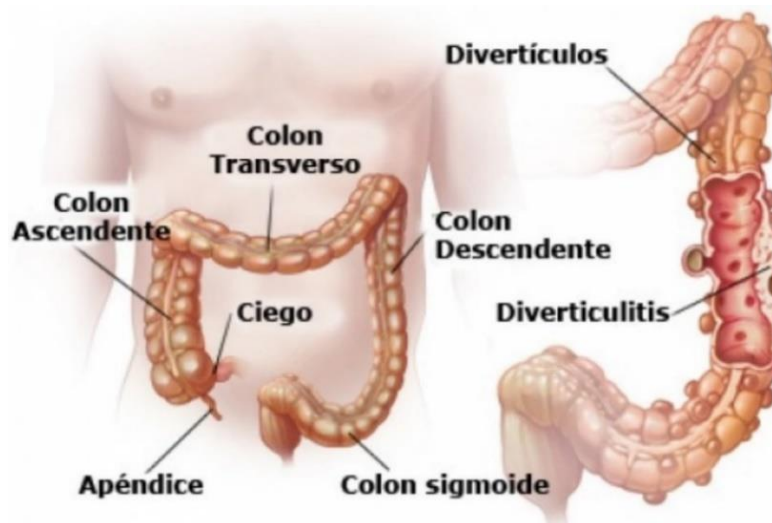


Figura 7. Enfermedad diverticular. Vargas, 2014.

**Ergonomía del pasajero (Mastricht, 2015).**

La población de pasajeros, los avances tecnológicos y los hábitos de viaje han cambiado en los últimos 40 años, por desgracia para el pasajero el diseño de los asientos no ha cambiado mucho en el mismo transcurso de tiempo.

El afán por transportar una mayor cantidad de pasajeros y generar con ello mayores ingresos económicos, ha dejado de lado el confort de los mismos. Para llamar la atención de los usuarios, se debería considerar la diversidad cultural, demografía y las actividades realizadas durante un viaje.

La demanda de asientos crece considerablemente; es así, que para el año 2033, tan solo el sector de la aviación tendrá una demanda de aproximadamente 8 millones de nuevos asientos. Gracias a ello y en conjunto con los nuevos desarrollos tecnológicos enfocados en el usuario en el sector del transporte, hoy por hoy, se considera como prioridad la ergonomía del pasajero velando principalmente por su confort durante el viaje.

La comodidad de un asiento puede convertirse en un poderoso imán de usuarios, principalmente de aquellos, cuyos viajes sean de larga duración, esto implica que el pasajero se decida por aquella empresa o línea de transporte que garantice su confort.

Zhang, et al. (1996) mencionan que, la comodidad y el malestar son dos factores independientes asociados con diferentes factores subyacentes. La comodidad se asocia con sensaciones de relajación y bienestar, influenciada, por ejemplo, por la impresión estética; mientras que, el malestar está asociado con sensaciones de dolor, entumecimiento y rigidez, todos ocasionados por las restricciones físicas en el diseño.

La antropometría de los pasajeros, las actividades realizadas por los mismos y la ergonomía del asiento, influyen sobre la comodidad o el malestar generado en el usuario; sin

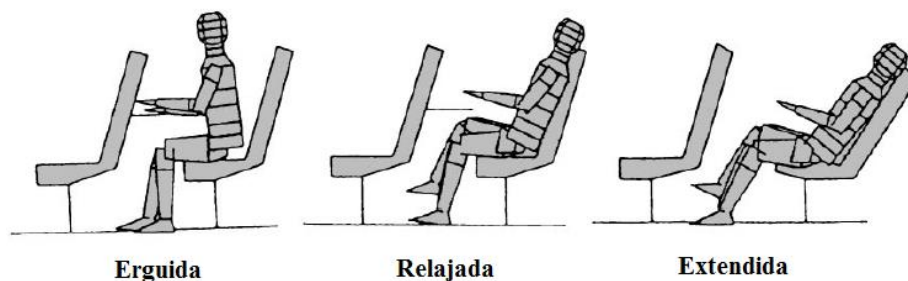
embargo, son estos mismos factores los que deben ser considerados en el diseño del asiento con altas prestaciones de ergonómicas.

### **Actividades y posturas del pasajero durante un viaje.**

El diseño del asiento y la evaluación de la comodidad del pasajero, requieren de especial atención, ya que las actividades que realizan los pasajeros durante un viaje afectan directamente a sus posturas y estas influyen en el confort de los mismos.

La causa principal que genera incomodidad en los pasajeros, es justamente la restricción física que tiene el usuario, en relación a las posturas que este adopta mientras realiza distintas actividades durante un viaje.

Las actividades realizadas por parte de los pasajeros durante un viaje se clasifican en dinámicas y estáticas, entre ellas tenemos: reclinarse, dormir, escuchar música, leer, hablar con el/la compañero/a de viaje, realizar trabajos de oficina y comer; estas a su vez, dan paso a identificar los tipos y sus porcentajes de posturas (figura 8) adoptadas durante dichas actividades, siendo estas: postura erguida con 2 %, relajada con 32 % y extendida con 64 % (Jung et al., 1998).



*Figura 8.* Las posturas de tres grupos de actividad representadas por el modelo humano. Jung et al., 1998.

A pesar de que las actividades a realizarse por parte del pasajero durante un viaje son inciertas (pese a tenerlas claramente identificadas), se debe tener claro que estas no abarcarán todo el recorrido, por lo tanto, al final, lo que todo usuario busca mientras viaja, es descansar

cómodamente; por tal motivo, el diseño de un asiento debe enfocarse en garantizar la comodidad para las actividades estáticas anteriormente mencionadas (Jung et al., 1998).

Kilincsoy, Wagnera, Benglerb, Bubb, & Vink (2014) realizaron un estudio para determinar las posibles posturas adoptadas por un pasajero de vehículo, por lo cual se partió del registro mostrado en la figura 9, varias posturas adoptadas por usuarios de tren, a la izquierda se muestran las actividades de relajación y sueño, en el medio las tareas de leer, mirar tv y hablar; todas ellas muestran una postura vertical. En el lado derecho las posturas adoptadas corresponden a las actividades de trabajo, alimentación y el uso de dispositivos móviles.

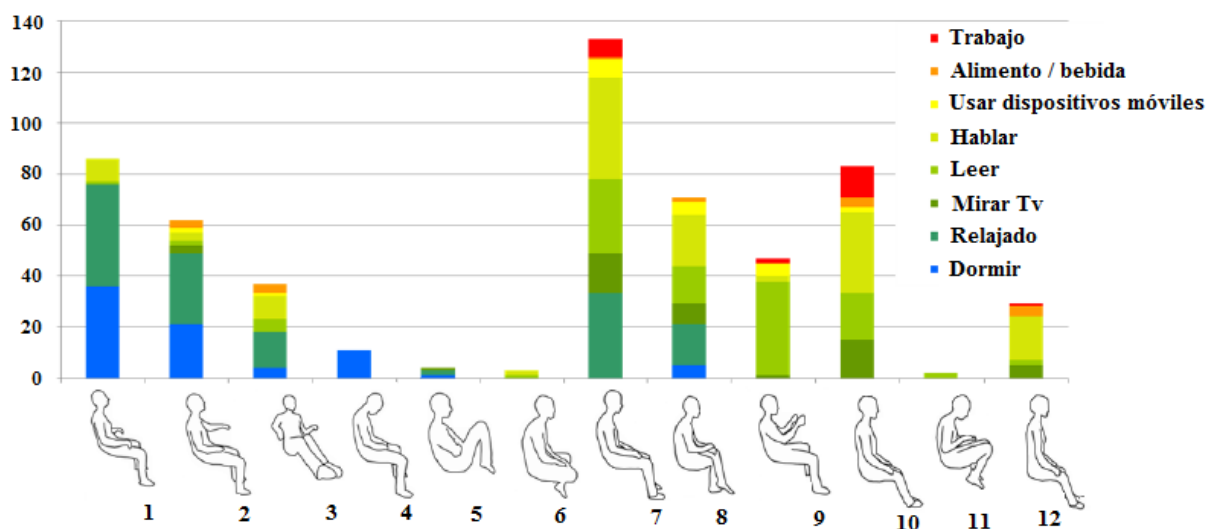


Figura 9. Investigación de las actividades típicas de los pasajeros de tren y las posturas resultantes. Kilincsoy et al., 2014.

De las 12 posturas mostradas en la figura 9, tres fueron seleccionadas; postura extendida (1), postura relajada (7) y postura erguida (10), las cuales por las restricciones físicas que presenta un vehículo podrían ser adoptadas por el ocupante del asiento posterior. La primera postura es una posición relajada extendida para largos recorridos, adoptada generalmente en vehículos grandes, se caracteriza por permitirle al usuario la opción de dormir o tomar una pequeña siesta. Para la séptima postura, sería necesario un poco más de

espacio para un asiento ligeramente relajado, con el ocupante despierto y realizando ciertas actividades. La décima postura, representa una posición vertical adoptada para un viaje de corta duración, observar el entorno, usar un dispositivo móvil, hablar con otro pasajero o comer.

Para la figura 10, los ángulos del muslo en postura vertical y estándar son comparables a la postura de conducción, únicamente la postura relajada difiere, ya que se registra un ángulo más grande en el tronco, debido a que los sujetos se encontraban estirando las piernas con un ángulo de  $61.1^\circ$  (figura 10 d) en vez de  $82,1^\circ$  (figura 10 a) en la postura de conducción.

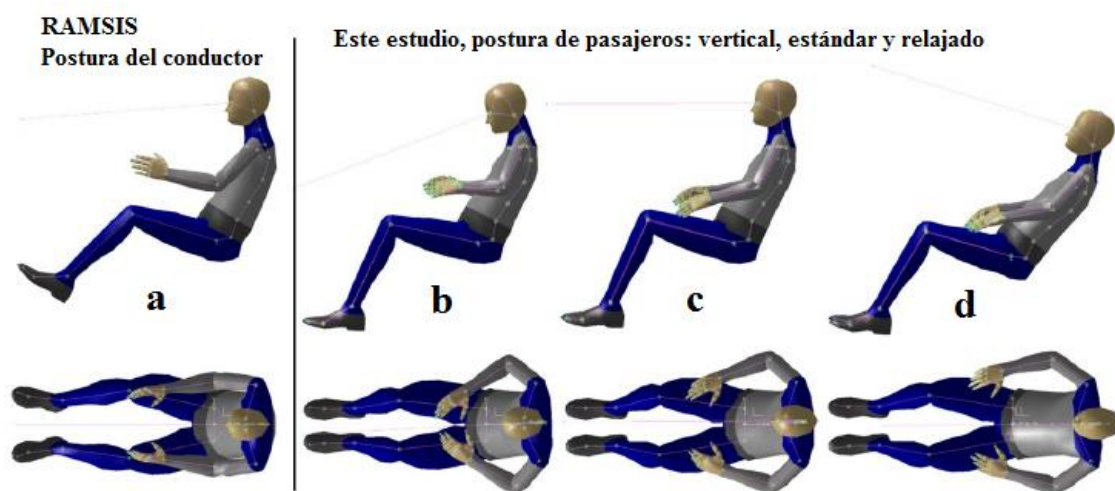


Figura 10. Visualización de los resultados en RAMSIS: postura erguida (b), postura estándar (c), postura relajada (d). Kilincsoy et al., 2014.

El ángulo de la apertura del pie en la postura de conducción es de  $72^\circ$ , en la postura vertical se registró  $59^\circ$  debido a la ausencia de pedales, lo cual permite mantener los pies relajados. El conjunto brazo, codo y hombro, difiere de la postura de conducción ya que los brazos carecen de una tarea en concreta, permitiéndoles descansar en una posición relajada.

Los ángulos obtenidos para las diferentes partes fueron plasmados en el plano 2D, todos ellos mostrados en la figura 11 y en la tabla 1. Se concluyó que las posturas vertical y

estándar no presentaron una diferencia significativa, con excepción del ángulo del hombro, debido a las tareas que realizaron (leer, usar dispositivos móviles, comer, etc.). Una diferencia mayor se registró en el plano sagital entre ambas posturas y la postura relajada. El ángulo de la pantorrilla y del cuello fue ligeramente más abierto.

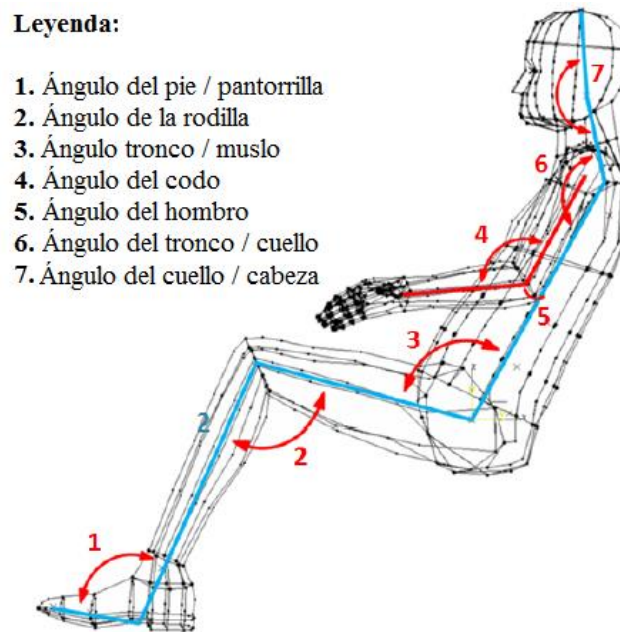


Figura 11. Proyección del maniquí RAMSIS en el plano 2D mostrando los ángulos de articulación medidos.

Kilincsoy et al., 2014.

Tabla 1

Una comparación de las tres posiciones de pasajeros con sus respectivos ángulos medios y su desviación estándar (SD)

N°	Clasificación	Pasajero, Postura sentada (°)		
		Vertical (SD)	Estándar (SD)	Relajada (SD)
1	Ángulo del pie / pantorrilla	104.9 (5.8)	104.7 (4.6)	107.9 (8.2)
2	Ángulo de la rodilla	103.4 (12.5)	99.5 (9.9)	104.9 (11.9)
3	Ángulo tronco / muslo	105.5 (5.5)	104.2 (7.6)	118.9 (10.5)
4	Ángulo del codo	113.1 (11.7)	128.5 (14.1)	139.9 (11.8)
5	Ángulo del hombro	32.4 (13.3)	0.6 (12.6)	1 (11.8)
6	Ángulo del tronco / cuello	130.3 (3.5)	139.5 (0.7)	142.7 (2.1)
7	Ángulo del cuello / cabeza	177.5 (4.6)	187.2 (3.9)	185.3 (4.3)

Nota: Kilincsoy, Wagnera, Benglerb, Bubb, & Vink, 2014, pág. 829.

Cada actividad realizada por el pasajero requiere de una determinada postura; esta a su vez, implica adoptar un determinado ángulo (tabla 2) que le permita al usuario establecer un

equilibrio. Como se observa en la figura 12, cuatro de las cinco actividades (a - d) realizadas durante un viaje, requieren que el pasajero ejerza una fuerza sobre su cuello, que le permita mantener la cabeza reclinada hacia adelante; de igual manera, requiere que sus brazos soporten una carga adicional. Todos los esfuerzos que sean realizados por el ocupante en el asiento, con el transcurso del tiempo le ocasionarán incomodidad.

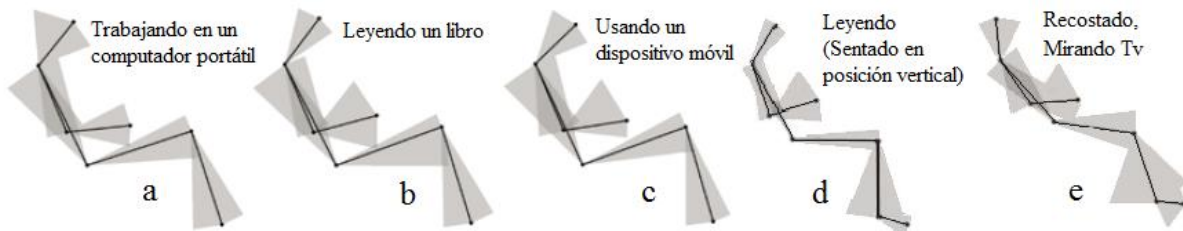


Figura 12. Representación visual de los ángulos del cuerpo observados para las posturas correspondientes a las distintas actividades (a - e). Las líneas negras representan los valores medios; Las áreas grises representan los ángulos mínimos y máximos observados. Mastriqt, 2015.

Por otro lado, en la última posición (e), es posible apreciar la máxima extensión del cuerpo con ausencia de algún tipo de esfuerzo. Esta postura permite que sea mantenida por un tiempo prolongado en relación a las otras mostradas, gracias a sus características (Mastriqt, 2015).

Tabla 2

Media y desviación estándar de los ángulos corporales para cada actividad ( $n = 25$ )

Ángulo del cuerpo	Trabajo en un computador portátil	Lectura de un libro	Uso de dispositivos móviles
Cabeza (Cabeza - hombro)	50.9 (14.6)	53 (10.1)	44.2 (11.7)
Torso (Hombro - cadera)	115.8 (7.7)	117.1 (8.3)	115.4 (8.0)
Muslo (Cadera - rodilla)	18.4 (5.0)	19.8 (5.0)	20.1 (4.7)
Pierna (Rodilla - tobillo)	-72.4 (8.4)	-72.7 (7.8)	-73.7 (7.3)
Brazo superior (Hombro - codo)	-67.5 (7.2)	-67.1 (6.0)	-66.9 (7.3)
Antebrazo (Codo - muñeca)	6.08 (9.5)	14.6 (15.9)	25.9 (14.2)

Nota: Comfortable passenger seats. Mastriqt, 2015, pág. 87.



Es importante que el diseñador tenga muy claro que existen tres factores que influyen directamente en la comodidad o malestar del pasajero; las actividades, las posturas y los ángulos de inclinación (figura 13). Todos ellos en conjunto, deberían permitirle diseñar un asiento, que garantice al usuario un adecuado confort, brindando soporte principalmente en aquellas áreas donde se estén realizando esfuerzos, con el afán de reducirlos al máximo.



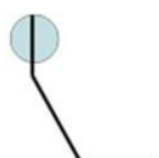
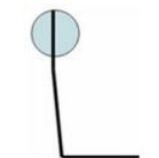
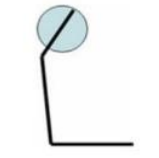
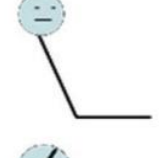
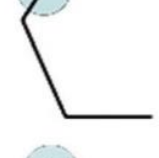
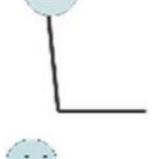
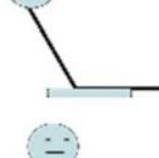
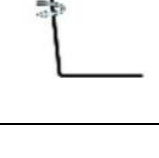
Figura 13. Influencia entre las actividades, las posturas y los ángulos de inclinación. Autor, 2018.

Groenesteijn, Maastricht, Gallais, Blok, Kuijt-Evers & Vink (2014) dentro de sus resultados en asientos de trenes mencionan que, las puntuaciones medias de los asientos en relación con las actividades desarrolladas no fueron significativamente diferentes, actividades como hablar, mirar fijamente o dormir alcanzaron el puntaje más alto seguido de la lectura; mientras que, el trabajar en un computador portátil alcanzó el puntaje más bajo. Se mostraron grados desviaciones estándar para todas las actividades y con ello una variedad de confort percibida en los asientos. Para las partes del asiento, el reposacabezas obtuvo una puntuación de confort significativamente mayor para las actividades de mirar o dormir comparadas con la lectura; sin embargo, en comparación con otras partes del asiento, la puntuación promedio del reposacabezas fue la más baja.

La mayoría de usuarios prefirió opciones de ajuste para la mayor parte de las actividades en combinación con las partes del asiento. El reposacabezas obtuvo la mayor adaptabilidad requerida para el caso de hablar y de trabajar sobre un computador, el ajuste del

respaldo fue la parte más importante para la lectura, los ajustes del reposacabezas y el respaldo fueron importantes para actividades como dormir o mirar fijamente.

Tabla 3  
Las ocho posturas observadas en pasajeros









N°	Posiciones de las partes del cuerpo	Diagrama de palo
1	Cabeza erguida, tronco hacia atrás y contacto completo con el asiento	
2	Cabeza erguida, tronco en posición vertical y contacto completo con el asiento	
3	Cabeza hacia adelante, tronco en posición vertical y contacto completo con el asiento	
4	Cabeza hacia el lado, tronco hacia atrás y contacto completo con el asiento	
5	Cabeza hacia adelante, tronco hacia atrás y contacto completo con el asiento	
6	Cabeza hacia el lado, tronco en posición vertical y contacto completo con el asiento	
7	Cabeza hacia el lado, tronco caído y contacto del asiento medio + frente	
8	Cabeza hacia adelante, tronco erguido y girado y contacto del asiento medio + frente	

Nota: Groenesteijn, Mastrigt, Gallais, Blok, Kuijt-Evers & Vink, 2014, pág. 1160.

Para las principales actividades, lectura, mirar fijamente, dormir y trabajar en un computador se adoptaron ocho posturas mostradas en la tabla 3, mismas que tuvieron una distribución similar a la población de pasajeros. En la tabla 4 se muestran las combinaciones postura – actividad observadas y sus respectivas puntuaciones de confort.

Tabla 4

Actividades principales, correspondientes a las posturas y puntuaciones de confort (Pregunta: ¿Cómo puede elevar el confort de su asiento practicando esta actividad?) Escala 1-10 no es cómodo - muy cómodo

Actividades principales	Posturas y notas de confort							
Lectura	8	7	7		7			
Mirar fijamente, dormir	6	8		6.5			6	
Hablar	6.5			8		5.5		7
Trabajar en un computador portátil	7	7	7.5		7			
								

Nota: Groenesteijn, Mastrigt, Gallais, Blok, Kuijt-Evers & Vink, 2014, pág. 1161.

Las posturas variaron en relación a la actividad y la puntuación de confort varió en relación a la combinación de la postura y la actividad. Para la lectura, la postura con la cabeza erguida, el tronco hacia atrás y en completo contacto con el asiento, obtuvo el puntaje más alto. Esta postura fue similar a la adoptada en otras actividades, pero no obtuvo la puntuación de confort más alta para dichas actividades.

Para las actividades de mirar fijamente y dormir, la postura que alcanzó el puntaje más alto comprendió tener la cabeza erguida, el tronco vertical y el completo contacto con el asiento. La postura con la cabeza hacia adelante, el tronco en posición vertical y con pleno contacto del asiento, fue 7.5 más alta que las otras posturas.

### Áreas en contacto con la geometría del asiento.

Para determinar la sensibilidad de la cabeza y el cuello, se ha determinado que la espuma que sirve de soporte para el cuello debe ser más suave que la espuma que entra en contacto con la cabeza (Franz, Durt, Zenk, & Desmet, 2012; Kyung, Nussbaum, & Babski-Reeves, 2008); de igual manera, se indica que existe una diferencia significativa en la sensibilidad entre las partes del cuerpo humano; como es el caso, de las partes laterales superiores de la columna vertebral (hombros) y la zona baja de los muslos, en contacto con la bandeja del asiento y el respaldo respectivamente, como se muestra en la figura 14. Por otro lado, las zonas de menor o con ausencia de contacto con dichas superficies, registran menor sensibilidad (Vink & Lips, 2017).

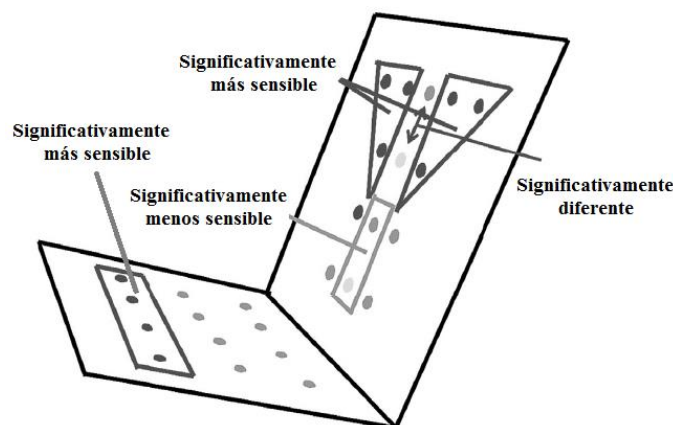


Figura 14. Áreas con sensibilidades significativamente diferentes. Vink & Lips, 2017.

Hartung (2006) indica que, la presión ejercida sobre la zona inferior del muslo (zona posterior de la rodilla) debe ser de alrededor del 6 % de la presión total, en la zona media del muslo se toleran presiones superiores al 10 %; mientras que, las tuberosidades isquiáticas pueden soportar una presión de entre 50 y 65 % de la carga del peso corporal aplicada sobre el asiento.

Liu & Wu (2010) mencionan que, en viajes de larga duración, los principales problemas músculo esquelético son generados en las siguientes regiones del cuerpo: la zona

del cuello representa el 48 %, la zona lumbar el 46 %, las rodillas el 42 %, los hombros representan el 40 % y los muslos el 36 % de incomodidad (figura 15).

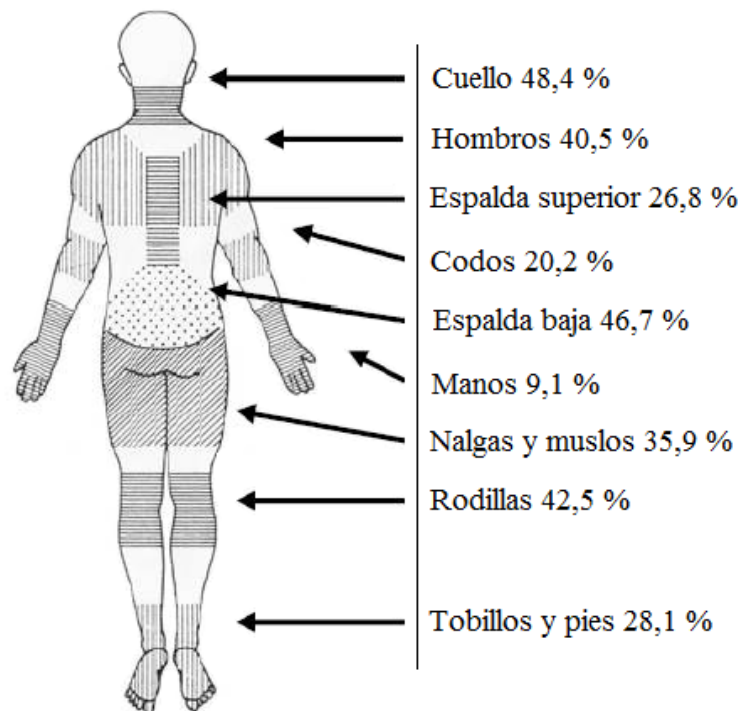


Figura 15. Índice de incomodidad representado en el mapa del cuerpo. Liu & Wu, 2010.

El dolor lumbar y la incomodidad generada por la postura sentada, se debe principalmente al hecho de que la presión intradiscal aplicada durante dicha posición es mayor a la presión causada al estar de pie.

Mastrigt (2015) menciona que, para las actividades de lectura, mirar tv o dormir, las posturas adoptadas generaron comodidad y malestar de distinto grado, en determinadas partes del cuerpo. Empleando un mapa corporal se determinaron las distintas zonas del cuerpo, mismas que fueron separadas por segmentos; con un total de 28 personas participantes en el experimento, se determinó que zonas experimentan un mayor o menor confort y/o malestar. En la figura 16, se muestra los distintos mapas del cuerpo para cada actividad, el número en cada zona representa la cantidad de personas que registraron comodidad (color verde) o malestar (color tomate/rojo) en dicha zona.

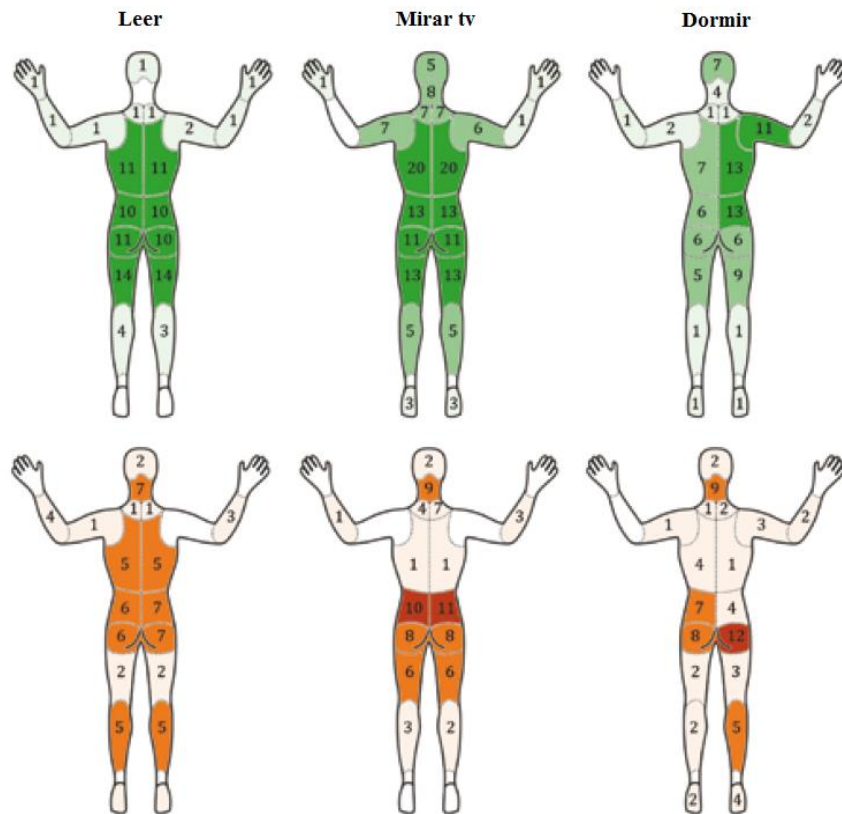


Figura 16. Comodidad (color verde) e incomodidad (color tomate/rojo) registrada en cada región del cuerpo. El número representa la cantidad de personas que indicaron comodidad o molestia en la zona señalada. Mastrigt, 2015.

La percepción de este malestar aumenta gradualmente con el tiempo, para reducir el aumento del mismo, se registran cambios posturales como respuesta natural del cuerpo humano; dos cambios posturales han sido identificados claramente: los movimientos macro (movimientos grandes) y los movimientos micro (muy pequeños y rápidos), dichos movimientos permiten liberar las cargas internas, a la vez que proporcionan nutrientes a los discos intervertebrales en la zona lumbar (Rhimi, 2017).

Zenk (2008) realizó un estudio para determinar la comodidad de los asientos del conductor en relación a su ajuste automático, para ello participaron un total de 42 personas. El ajuste automático registró un tiempo total de respuesta de 35 segundos.

La superficie de contacto del cuerpo fue dividida por regiones mediante un mapa de cuerpo (figura 17), que permitiera determinar el promedio para cada región del mismo. Se

realizó una comparación entre la presión ideal (figura 17, izquierda) y la presión generada por el ajuste automático (figura 17, derecha).

Para el área de los omóplatos se registró una presión igual al 16 % (SD 3 %); mientras que la ideal es del 18 % (SD 4 %). Se aplicó una prueba T, la cual indicó que no pueden considerarse como diferentes; esto, aplica también para las regiones laterales, la zona media y baja de la espalda, la cresta ilíaca lateral y el coxis. En el área de las tuberosidades isquiáticas se registró un valor promedio del 54 % (SD 4 %); mientras que la distribución ideal establece para esta zona una media de 56 % (SD 3 %).

Los valores registrados en la distribución de carga ubicados en la parte posterior están un poco separados, con una desviación estándar mayor; sin embargo, es posible apreciar una correlación clara en todas las regiones del cuerpo.

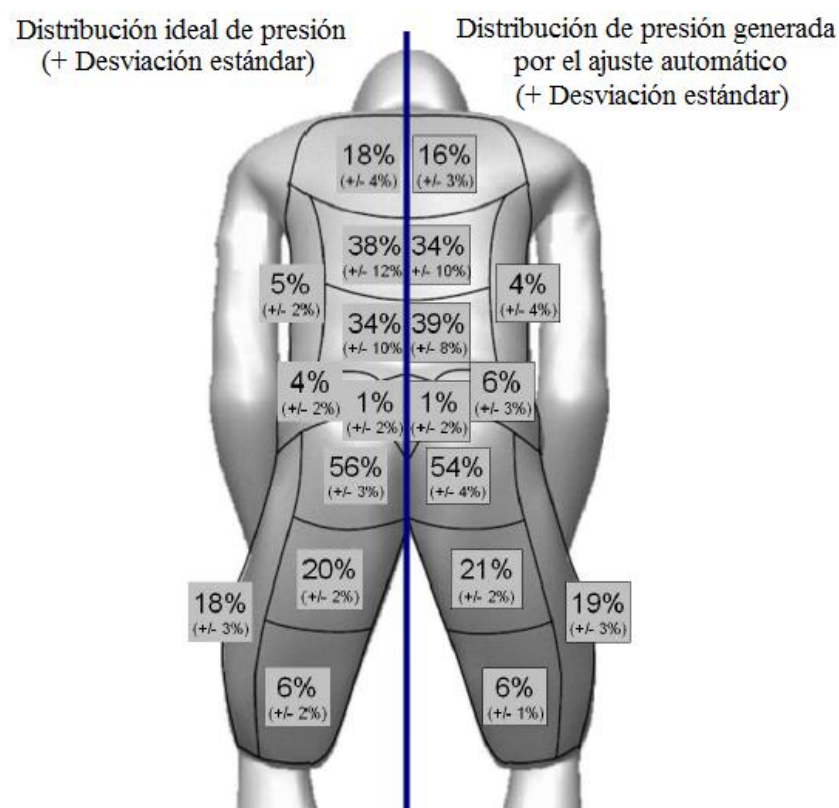
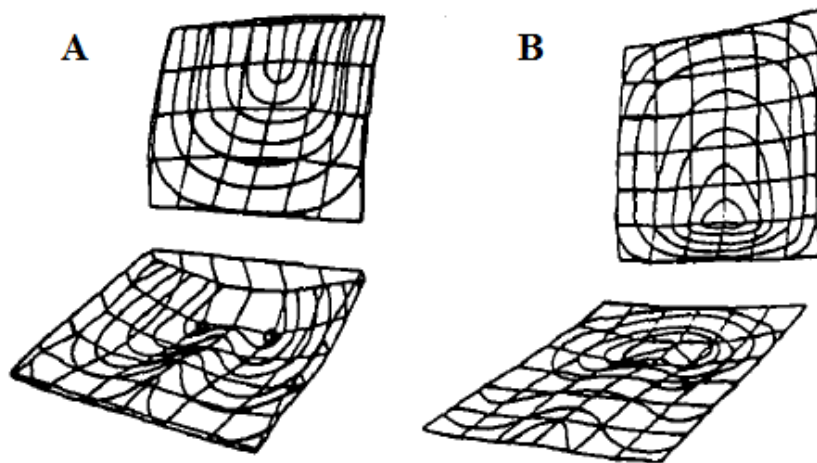


Figura 17. Comparación entre la presión generada por el ajuste automático del asiento (basado en 42 sujetos) y la distribución de presión ideal. Zenk, 2008.

En la figura 18 se muestra la distribución de la presión ejercida por el ocupante sobre el asiento, para el caso A se lo realiza sobre un asiento blando sin soporte lumbar; mientras que, en el B el asiento cuenta con soporte lumbar. (Harrison, Harrison, Harrison, & Troyanovich, 2000).



*Figura 18.* Distribución de la presión del asiento en un asiento de espuma blanda sin soporte lumbar (A) frente a un asiento de espuma firme con respaldo lumbar (B). Harrison et al., 2000.

Kyung & Nussbaum (2008) estudiaron la comodidad del asiento del conductor con relación a la predicción de la presión de la interfaz del mismo. El estudio incluyó 27 participantes y dos tipos de asientos (Sedán y SUV) ubicados en condiciones de laboratorio, cada participante, realizó seis sesiones separadas de conducción.

Se identificaron distintas variables eficaces de presión para evaluar la comodidad y la incomodidad. Sobre la base de los resultados, se sugiere un enfoque específico para mejorar la experiencia en la postura sentada; relaciones bajas de presión en los glúteos y las relaciones de presión más altas en la parte superior e inferior de la espalda y la presión equilibrada entre los glúteos bilaterales y entre las partes, inferior y superior del cuerpo.

Los resultados fueron separados en seis grupos o regiones corporales mostrados en la figura 19. Los respaldos laterales juegan un papel importante en el apoyo de los muslos, las



caderas y la espalda, principalmente en las curvas, afectando o reduciendo la comodidad del ocupante del asiento.

Se obtuvieron 39 variables de presión; las primeras 13 fueron relacionadas con áreas de contacto promedio y relaciones promedio, las 13 siguientes, describieron presiones y relaciones de contacto promedio, finalmente las 13 restantes, indicaron presiones y relaciones de contacto pico promedio.

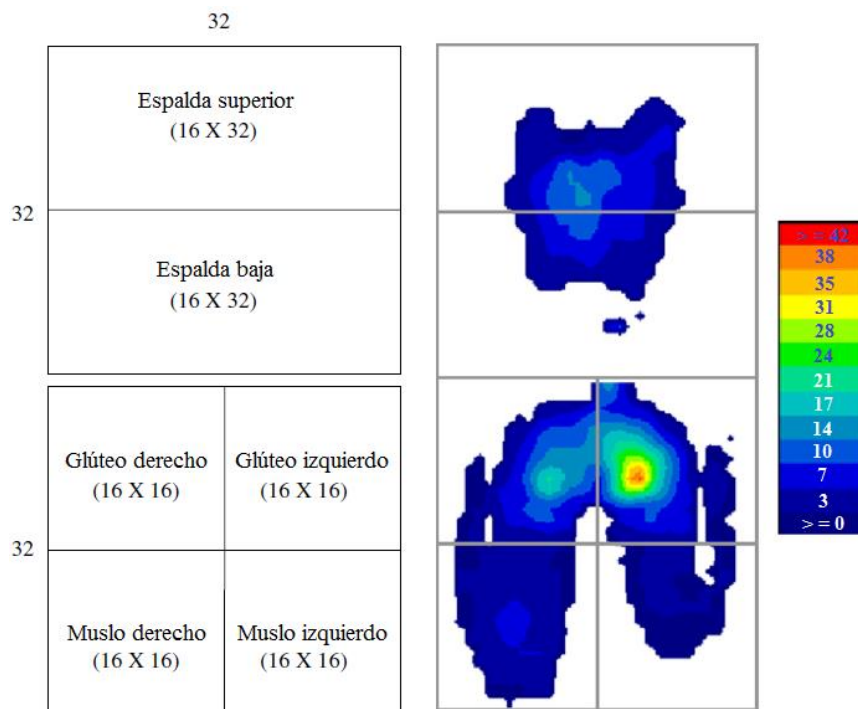


Figura 19. División de dos bandas de presión para seis partes del cuerpo (izquierda, número de sensores entre paréntesis, columna por fila) y distribución de presión ejemplar (derecha, una presión de pico más alta en la nalga derecha). Kyung & Nussbaum, 2008.

Li, Yu, Yang, Pei, & Zhao (2017) realizaron un estudio para analizar el efecto de la posición sentada de larga duración, sobre un asiento con espacio limitado, analizando la incomodidad, la flexibilidad corporal y la presión superficial, todos ellos en relación al tiempo y a la postura antes mencionada.

Para ello, participaron 18 sujetos sanos, los cuales permanecieron sentados durante un período de tiempo prolongado (3 h), en tres asientos con condiciones de restricción física diferentes (81.28 cm, 76.2 cm y 71.12 cm).

Los resultados mostraron una diferencia significativa en las condiciones de malestar general y las variaciones de presión entre las tres condiciones; además, se encontraron efectos significativos entre las tres condiciones de asiento para el grado de incomodidad registrado por el hombro, la espalda media y la espalda baja, todo esto después de transcurridas las 3 h.

Los datos de presión resultantes del sensor son mostrados en la figura 20, donde se mira un ejemplo de la distribución de presión sobre el asiento, las barras de color indican qué color corresponde a qué valor de presión.

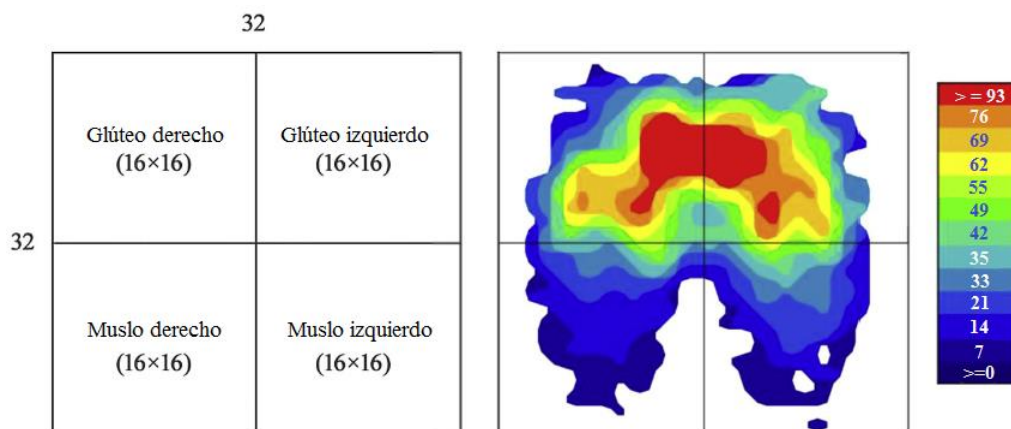


Figura 20. División de la banda de presión en cuatro partes del cuerpo (izquierda, número de sensores entre paréntesis, fila por columna) y distribución de presión ejemplar (derecha). Li et al., 2017.

Durante el proceso, los sujetos cambiaron su postura de manera inconsciente cuando se sintieron incómodos, con cada cambio, los valores de presión también variaban. Los datos recolectados requirieron que los participantes mantuvieran posturas naturales, con la espalda apoyada sobre el respaldo, las manos sueltas sobre sus piernas y los pies planos sobre el piso (figura 21).

Debido a que el respaldo del asiento era fijo y por tanto no permitía ser ajustado la recolección de datos se centró en la bandeja del asiento. Las posturas adoptadas por los participantes se muestran en la figura 21, debido a la restricción física la posición de las piernas sufrió un mayor cambio, pasando de extendidas, recogidas y recogidas abiertas.

Para cada condición de asiento, la presión sobre este fue medida respectivamente en 7 ocasiones, cada una durante 5 minutos mediante el Software BMPS.

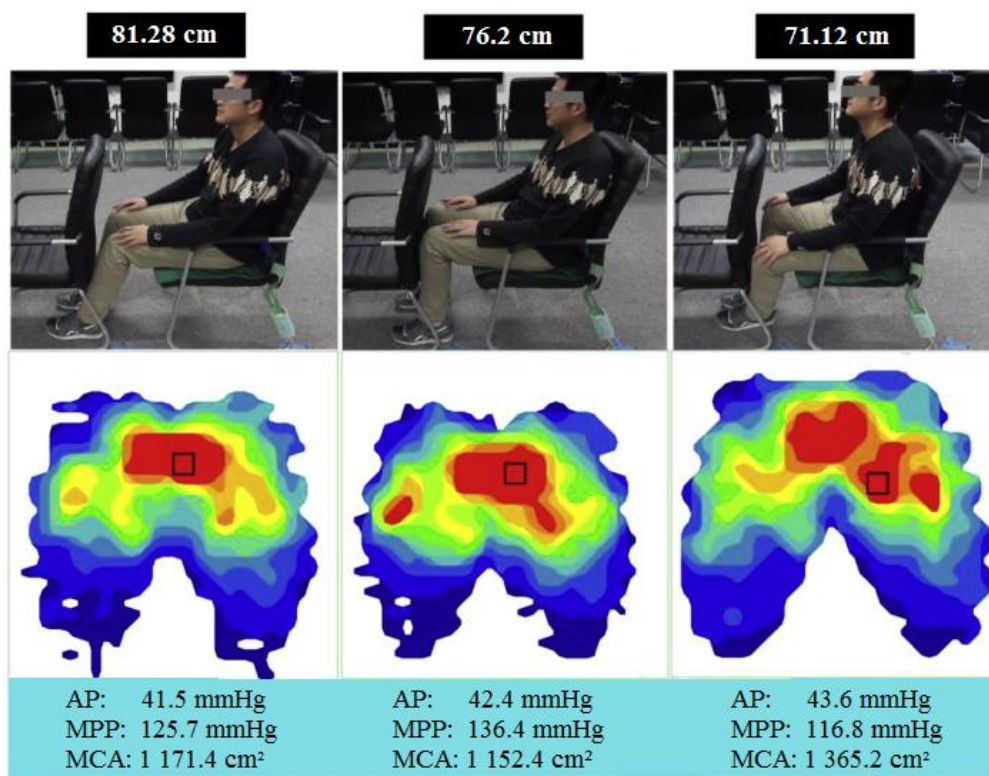


Figura 21. La distribución de la presión de tres condiciones diferentes de asientos en la posición sentado inicial para un sujeto. Li et al., 2017.

Conselho, Rodrigues, Paulino, & Valadao (2017) mencionan que, el confort personal aporta en gran medida a la salud física y mental de las personas, además del mantenimiento de la calidad de vida de las mismas. La termografía es una prueba no destructiva y no invasiva que permite la asignación de parámetros como material, estructura, entre otros, para identificar problemas potenciales; además, es considerada una prueba segura y de respuesta inmediata.

Los resultados de este estudio indican que, luego de 15 minutos, se considera como el momento adecuado para evaluar la temperatura de un asiento o silla, después de que alguien permaneciera sentado sobre él. Las mediciones se llevaron a cabo en las regiones A, B y C (figura 22).

Después de 15 min de contacto con el cuerpo humano, las temperaturas registradas para los distintos materiales fueron: 30° C en promedio para asientos de cuero sintético, madera y tejido de poliéster, siendo esta la más alta. Para materiales como MDF y laminado de melamina, registraron 28.8° C. Los asientos de polipropileno y de esmalte sintético de metal alcanzaron 28.1° C. Finalmente la temperatura más baja registrada fue de 24.9° C en madera contrachapada.

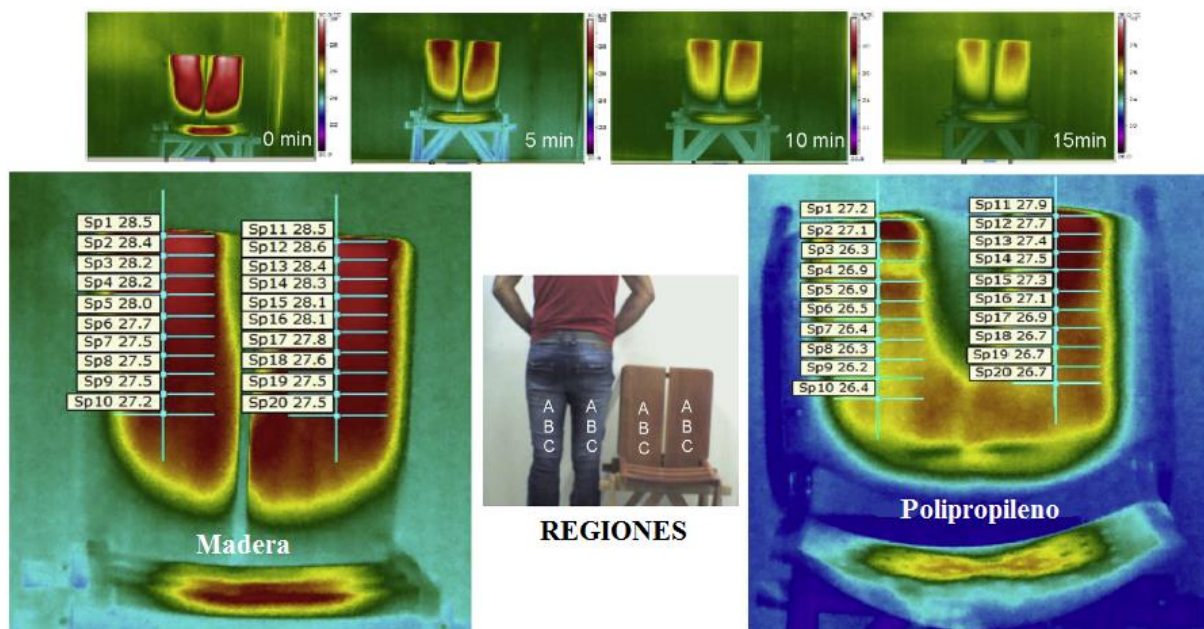


Figura 22. Regiones, Termogramas de la posición de la muestra durante el enfriamiento y Puntos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Conselho et al., 2017.

Vink (2005) menciona que, la fuerza gravitatoria hace que el cuerpo humano sea tirado hacia abajo por su propio peso, cuando se adopta la postura sentada, la presión bajo las nalgas se debe a la concentración del peso corporal sobre esta área generando molestia; sin

embargo, es posible vencer dicha incomodidad moviendo la pelvis en tres direcciones: guiñada, balanceo y cabeceo (figura 23).

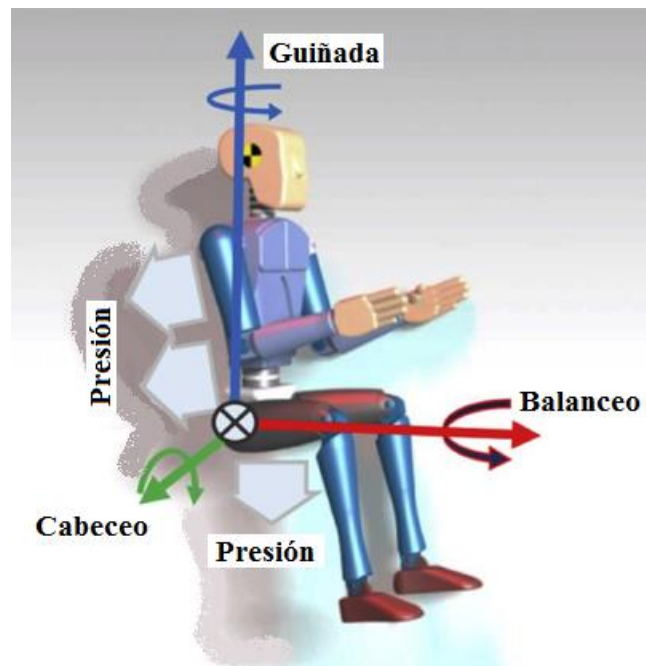


Figura 23. Dirección del movimiento en la postura sentada. Vink, 2005.

Nawayseh (2015) realizó un estudio para determinar la transmisión de vibración desde la carretera, a través de la bandeja del asiento y el respaldo del mismo, hacia los pasajeros o el conductor. Para ello, 10 participantes permanecieron sentados en el asiento del pasajero de un vehículo sedán conducido a 60 km/h durante 1 minuto.

En la figura 24 se muestran los resultados de tres series diferentes, donde los PSD (densidades espectrales de potencia), fueron similares para los tres recorridos para cada uno de los ejes X, Y, Z. Los PSD registraron que la entrada de vibración en el eje X estuvo por debajo de los 30 Hz; mientras que, la vibración en los ejes Y, Z fue inferior a los 20 Hz. Las frecuencias de resonancia del cuerpo humano en los tres ejes se encuentran dentro del rango de frecuencia registrado y coinciden con algunas de las frecuencias pico mostradas en las PSD. Así, por ejemplo, la resonancia del cuerpo humano en dirección vertical es de aproximadamente 5 Hz.

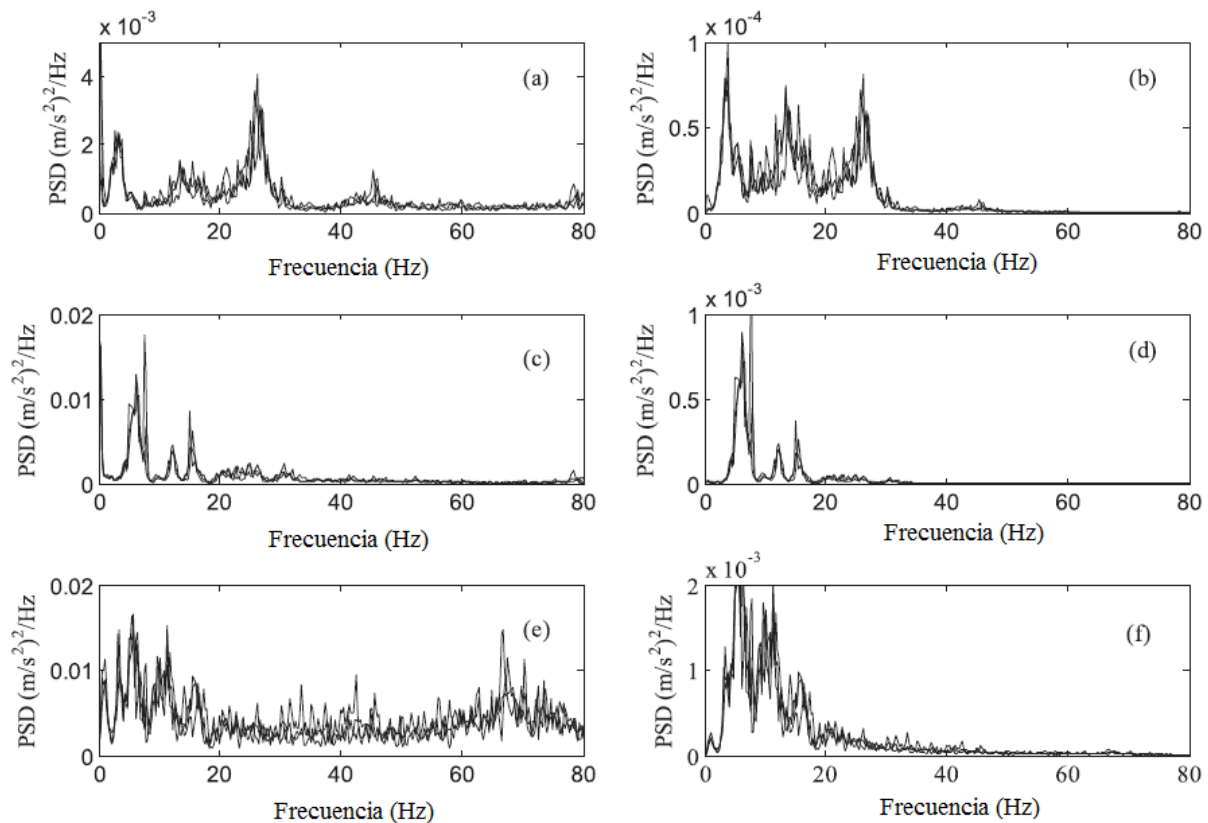


Figura 24. PSD de las historias de tiempo de aceleración medidas en la base del asiento en las direcciones X, Y, y Z: (a) y (b) eje X; (c) y (d) eje Y, (e) y (f) eje Z. (A), (c) y (e) PSD de la historia de tiempo de aceleración no ponderada; (B), (d), y (f) historial de tiempo de aceleración ponderado por frecuencia. Nawayseh, 2015.

Los asientos deben tener la capacidad de atenuar las vibraciones, principalmente de aquellas que coinciden con las frecuencias de resonancia del cuerpo humano, todo ello para evitar las molestias o los problemas de salud ocasionados por la vibración.

Se ha identificado que posturas neutrales de la columna vertebral se asocian con un menor riesgo de lesiones y molestias. El cambio hacia una mayor extensión de la columna lumbar impartida por el apoyo crea un escenario más saludable para la espalda baja (Carvalho & Callaghan, 2012).

Durante el cambio de postura, específicamente, de pie a sentado, la región con mayor cambio geométrico es la lumbar, debido a que la pelvis gira hacia atrás flexionando el tronco hacia adelante (Anderson, 1986), originando un cambio lumbar de lordosis a cifosis; es decir, las vértebras lumbares pasan de tener una curvatura cóncava a convexa.

El apoyo lumbar ayuda a estabilizar la pelvis y permite mantener la lordosis de esta región, pese a ello, mientras se permanezca sentado difícilmente se obtendrá 30° de lordosis, siendo este último cuando se está de pie (figura 25).

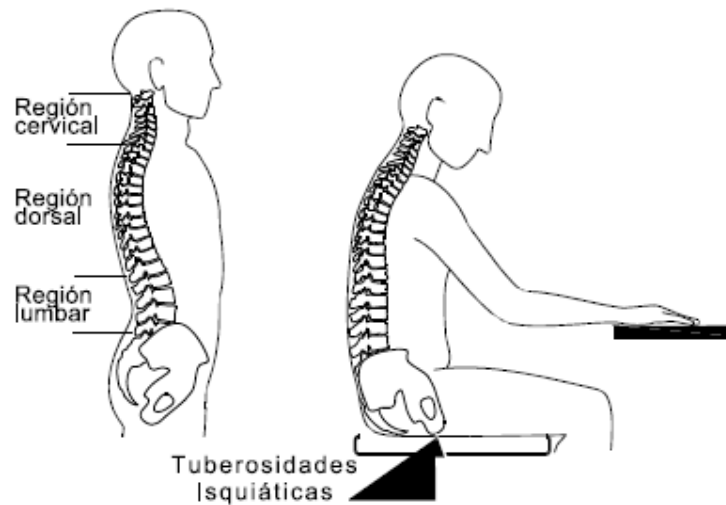


Figura 25. Curvatura del raquis de pie y al sentarse. Anderson, 1986.

Al permitir que las curvas de la espalda coincidan de cierta manera con las del asiento (figura 26), se ocasiona una restricción a las posturas del pasajero; es decir, de cierta manera se induce para que mantenga una posición adecuada pero cómoda a la vez (Jianghong & Long, 1994).

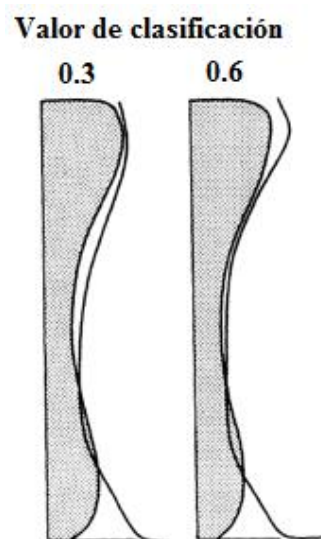


Figura 26. Las curvas de la parte media de la espalda de dos sujetos en comparación con los correspondientes perfiles de asiento basados en la inspección visual en una estación de trabajo CAD. El valor de calificación es un valor de calificación MCS. Jianghong & Long, 1994.

A pesar de que el asiento sea considerado como un solo elemento, debe entenderse que no es así, ya que está formado por varias partes; de ellas, destacan dos (probablemente las más importantes) la bandeja del asiento y el respaldo del mismo, destinadas a soportar la mayor cantidad de peso de la persona y permitir un adecuado apoyo de la espalda, respectivamente, esto, ayuda a reducir la tensión en los discos vertebrales y músculos del pasajero como se muestra en la figura 27.

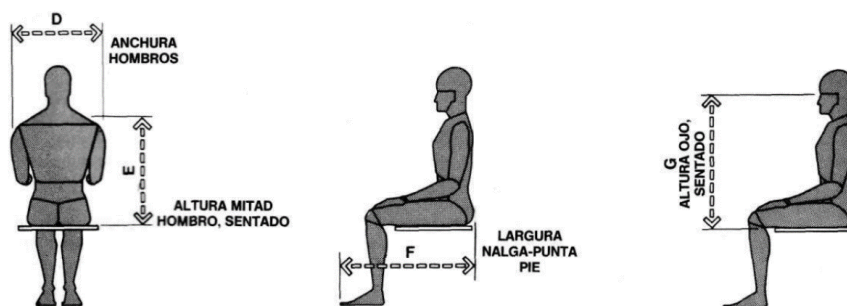


Figura 27. Dimensiones estructurales combinadas del cuerpo. Panero & Zelnik, 1996.

En relación a la bandeja del asiento, si esta es demasiado profunda, se pierde completamente el beneficio otorgado por el respaldo del asiento; de igual manera, genera incomodidad ya que para encontrar una postura cómoda el ángulo de inclinación del respaldo será exagerado (Goonetilleke & Feizhou, 2001).

### **Antropometría (Panero & Zelnik, 1996).**

Se denomina antropometría a la ciencia encargada del estudio de las medidas del cuerpo humano. Las dimensiones del cuerpo humano varían según la raza, edad y género; factores como: la alimentación, posición socioeconómica, entre otros, influyen en las dimensiones de cada persona.

El diseño de asientos está directamente ligado con los datos antropométricos de la población en estudio, estos valores tienen diferencias significativas entre poblaciones; siendo este el principal problema del diseño de asientos. Otro parámetro fundamental en el apartado



de asientos, es la ergonomía, esta caracteriza al producto para dar un grado de comodidad ofrecida por un asiento durante un viaje, y su influencia radica en el tipo de material usado, la disposición y la forma que este tendrá.

### Percentiles.

Los datos antropométricos de una población son expresados en percentiles. El percentil indica el porcentaje de personas de una determinada población, que tienen una dimensión corporal igual o menor de una medida establecida. La población es fraccionada en categorías de porcentajes y se ordena de menor a mayor en relación a una determinada medida del cuerpo.

El primer percentil indica que el 99 % de la población supera una determinada dimensión, un percentil de magnitud 95 %, indica que el tan solo el 5 % de la población supera una determinada dimensión; mientras que, el 95 % restante tendría una dimensión igual o menor a la indicada (figura 28).

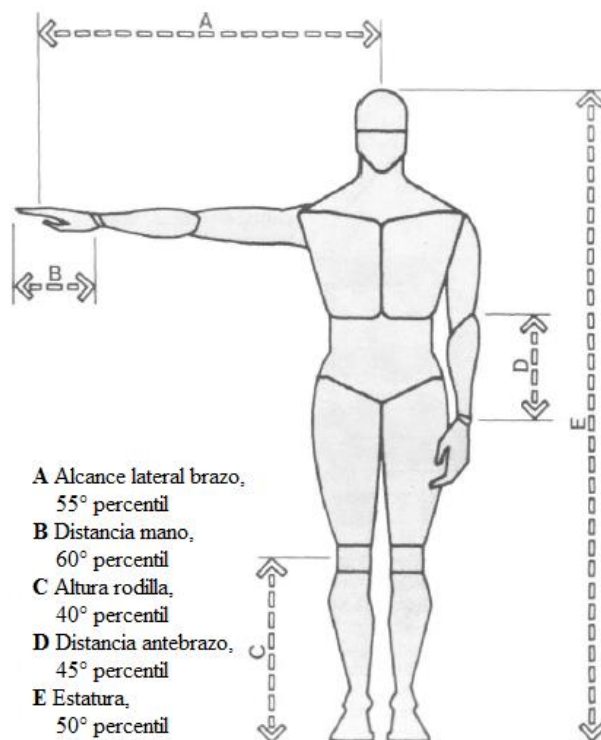


Figura 28. Datos antropométricos expresados en percentiles. Panero & Zelnik, 1996.

### **Perfil del cuerpo humano.**

Mastrigt (2015) menciona que, el elevado costo de los combustibles, ha obligado a que la mayoría de componentes que integran los distintos medios de transporte, sean rediseñados y fabricados con materiales más ligeros.

Una opción para construir un asiento ligero, es realizar una carcasa de asiento contorneado, reduciendo de esta manera el uso de espuma gruesa. Un claro ejemplo, fue presentado por la marca BMW en su ‘Vision Efficient Dynamics Concept Car’ (predecesor del modelo i8 actual, figura 29), BMW, ha conseguido una reducción de peso de más del 50 % mediante el uso de asientos de perfil delgado, aumentando además el espacio para las piernas de los pasajeros de los asientos posteriores.



*Figura 29.* BMW Vision Efficient Dynamics Concep Car (izquierda) y en el interior asientos delanteros de perfil delgado (derecha). Mastrigt, 2015.

Franz, Kamp, Durt, Kilincsoy, Bubb, Vink, (2011) proponen un prototipo de asiento de perfil delgado con forma contorneada al cuerpo humano, este consiste en una carcasa con cojines inflables, los cuales sirven para llenar los espacios vacíos entre personas de estatura alta o baja (figura 30).



Figura 30. Prototipo de asiento ligero contorneado al cuerpo (izquierda cojines inflables). Franz et al., 2011.

Sin embargo, el contorno de este asiento ha sido basado en la postura de conducción de un vehículo, la cual se diferencia de la postura sentada de un pasajero. Debe identificarse claramente el tipo de transporte en que sea posible utilizar cojines inflables, por ejemplo, en aviones, no sería aplicable por los cambios de presión del aire.

Dentro de este estudio, se usó como metodología, el escaneado 3D (figura 31) para la obtención de los contornos o perfiles del cuerpo humano, considerando principalmente toda la parte posterior de este, puesto que será la que tendrá contacto directo con el asiento. Existen otras metodologías para la obtención de dichos perfiles, por ejemplo, el método REBA, el cual consiste en analizar las posturas adoptadas por el cuerpo humano (brazos, piernas, cuello, tronco, etc.), independientemente de si estas son estáticas o dinámicas, para luego analizar los ángulos entre las partes que intervienen, a través de un diagrama rectilíneo de palo. Este método es aplicable a cualquier sector o actividad laboral (INSHT, 2012); por lo cual, este, será adaptado para la obtención de los perfiles del presente estudio, principalmente de las curvaturas fisiológicas de la espalda.

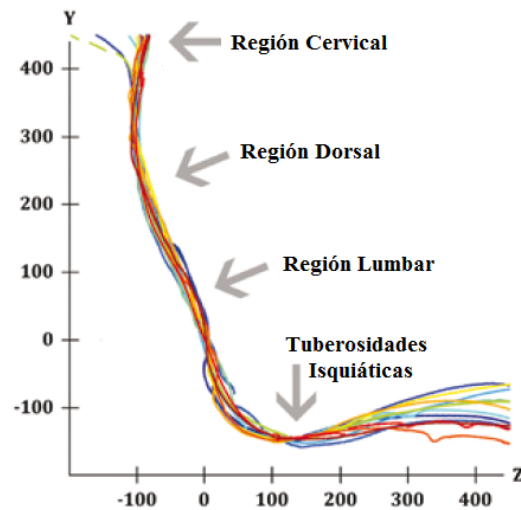


Figura 31. Representación de la curvatura como resultado del escaneo 3D del perfil del cuerpo humano. Mastrigt, 2015.

Dentro de los resultados obtenidos con el escaneo 3D, se puede mencionar que, de un total de 12 participantes, se crearon 2 contornos en los cuales se exponen la curvatura más grande y la de menor tamaño.

Para el respaldo, la diferencia más grande entre la curvatura interior y exterior es más pequeña que 55 mm; mientras que, para la bandeja del asiento, la diferencia crece hacia la parte delantera de la misma, siendo superior a los 55 mm, pero sin exceder los 10 mm (figura 32).

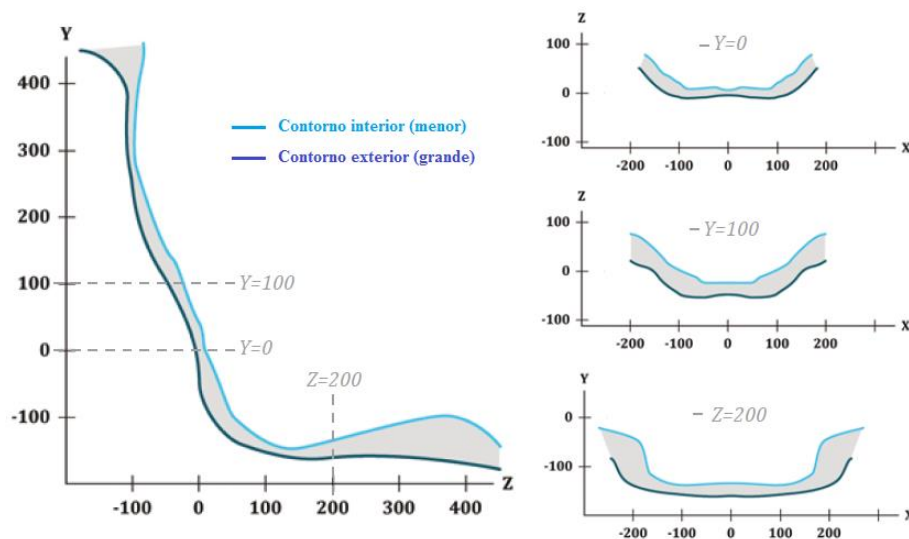


Figura 32. Perfil de la curvatura cuerpo sentado (izquierda) y curvatura de la superficie del respaldo (derecha). Mastrigt, 2015.

### Antropometría del asiento.

Las consideraciones antropométricas comprenden, identificar todo lo que implica durante la acción de sentarse, aclarando que dicha acción es una actividad dinámica mas no estática.

Un asiento o silla que antropométricamente sea correcta no garantiza que será completamente cómoda. El diseñador debe reconocer y utilizar los datos antropométricos correctos, esenciales para el diseño de un buen asiento. En la figura 33 se muestran las dimensiones antropométricas fundamentales para el diseño de asientos.

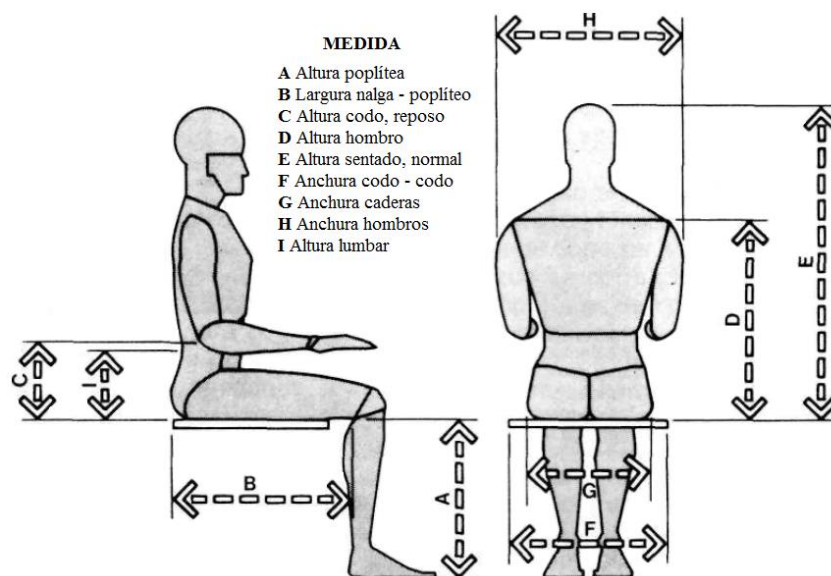


Figura 33. Dimensiones antropométricas fundamentales para el diseño de asientos. Panero & Zelnik, 1996.

Ávila, Prado, & Gonzalez (2015), establecen las siguientes definiciones para cada dimensión antropométrica:

1. *Masa corporal*. Es la representación cuantitativa de la suma de todos los componentes corporales (tejidos órganos y demás sustancias) que conforman el cuerpo humano, en un momento determinado.
2. *Estatura*. Es la distancia vertical máxima desde el piso hasta el vértex.

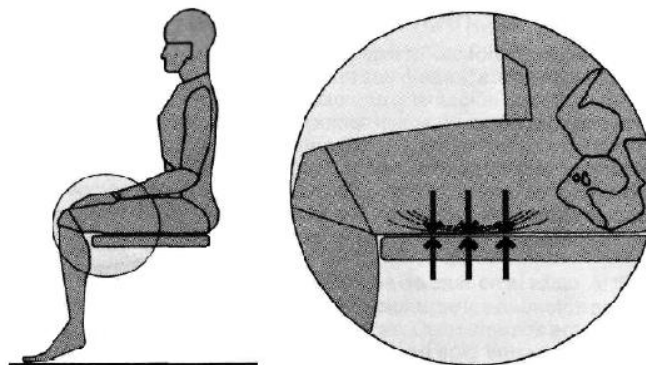
3. *Altura sentado normal*. Es la distancia vertical medida desde el asiento hasta el vértex, cuando el individuo está sentado sin erguirse.
4. *Altura sentado erguido*. Es la distancia vertical medida desde el asiento hasta e vértex, cuando el individuo está sentado y erguido, formando un ángulo de  $90^\circ$  entre el tronco y los muslos.
5. *Altura acromial del hombro (sentado)*. Es la distancia vertical medida desde el asiento hasta el proceso acromial, estando el sujeto en posición erguida, manteniendo un ángulo recto de  $90^\circ$  entre el tronco y los muslos.
6. *Altura radial – codo en reposo (sentado)*. Es la distancia vertical medida desde el borde superior de un asiento firme y liso hasta la parte inferior del codo.
7. *Altura ‘holguras’ del muslo (sentado)*. Es la distancia vertical medida entre el borde del asiento y la parte superior del muslo en su unión con el abdomen.
8. *Altura de la fosa poplítea (sentado)*. Es la distancia vertical medida desde el piso al ángulo extremo de la fosa poplítea en la parte baja de la rodilla, en donde se inserta en tendón del músculo bíceps femoral.
9. *Anchura codo a codo*. Es la mayor distancia horizontal que separa los codos de un individuo.
10. *Anchura de las caderas (sentado)*. Es la mayor distancia horizontal medida a nivel de la cadera.
11. *Largura de nalga a fosa poplítea*. Es la distancia medida horizontalmente entre la parte posterior de la nalga (sin comprimir) y el borde anterior de la rodilla.

Una vez determinadas las dimensiones antropométricas es importante relacionarlas con las exigencias biomecánicas. La estabilidad del cuerpo es de suma importancia para la comodidad del individuo, hay que considerar que existen otras partes del cuerpo en contacto con otras superficies ajenas al asiento; tal es el caso de los pies, que al no estar en contacto

con el piso creará una inestabilidad del cuerpo, mismo que, se compensará con esfuerzos musculares suplementarios; es decir, a mayor fuerza muscular realizada o nivel de control requerido, la fatiga o incomodidad será mayor.

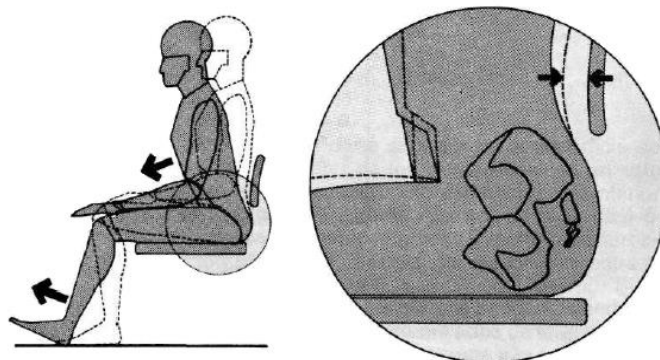
### *Altura del asiento.*

Es aquella que va desde la parte superior de la bandeja del asiento hasta el piso. De ser excesiva, se genera una presión sobre la cara inferior de los muslos (figura 34) ocasionando inestabilidad del cuerpo por la ausencia de contacto de los pies con el piso, incomodidad y una eventual perturbación de la circulación sanguínea.



*Figura 34.* Altura de asiento excesiva ocasiona inestabilidad del cuerpo y presiones que interfieren el riego sanguíneo. Panero & Zelnik, 1996.

Si la altura del asiento es demasiado baja (figura 35), obliga al individuo a extender las piernas dejando los pies privados de toda estabilidad; a la vez, que induce a que la persona tienda a inclinarse hacia adelante con el fin de encontrar el equilibrio.

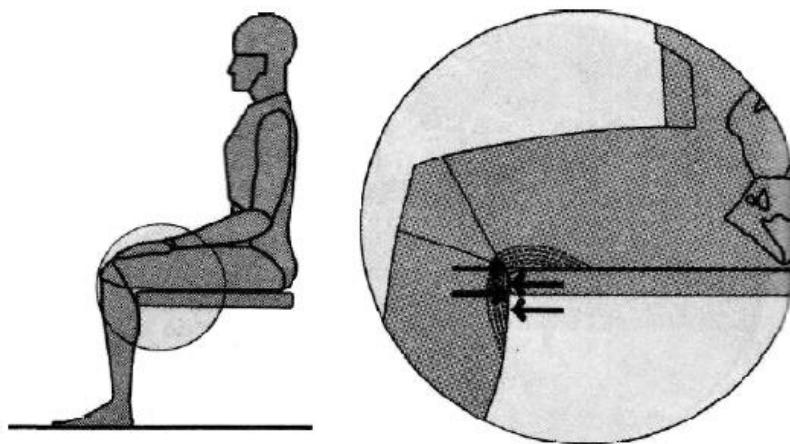


*Figura 35.* Altura de asiento demasiado baja genera inestabilidad del cuerpo. Panero & Zelnik, 1996.

Antropométricamente, la altura poplíteica es la encargada de garantizar una adecuada altura de asiento, ya que es tomada de manera vertical desde el piso hasta la cara inferior de la parte del muslo ubicada tras la rodilla. Se recomienda considerar el 5° percentil de las tablas antropométricas de la población en estudio, debido a que corresponderán a la población con las menores dimensiones.

### ***Profundidad del asiento.***

Es considerada como otro de los aspectos básicos en el diseño de asientos. Si la profundidad es excesiva se ocasionarán varios inconvenientes, debido a que el borde del asiento ejercerá presión sobre la zona posterior de las rodillas, tal como se muestra en la figura 36. Dicha presión, provocará irritación cutánea por el roce de la ropa; de igual manera, pueden generarse coágulos de sangre o tromboflebitis. Para compensarlo, el usuario desplazará sus nalgas hacia adelante, dejando a la espalda sin un adecuado soporte y una completa inestabilidad del cuerpo, realizando esfuerzos musculares que terminarán ocasionando cansancio, incomodidad y dolor en espalda y piernas.



*Figura 36.* Profundidad excesiva del asiento. Panero & Zelnik, 1996.

Por otro lado, si la profundidad de asiento es demasiado corta, el usuario tiene la sensación de caerse debido a que no dispone de una adecuada superficie de apoyo, como se



muestra en la figura 37. Para este caso, la dimensión nalga – poplíteo, es la que antropométricamente determinará la profundidad del asiento más idónea. De igual manera se recomienda utilizar los datos del menor percentil disponible, debido a que serían las menores dimensiones.

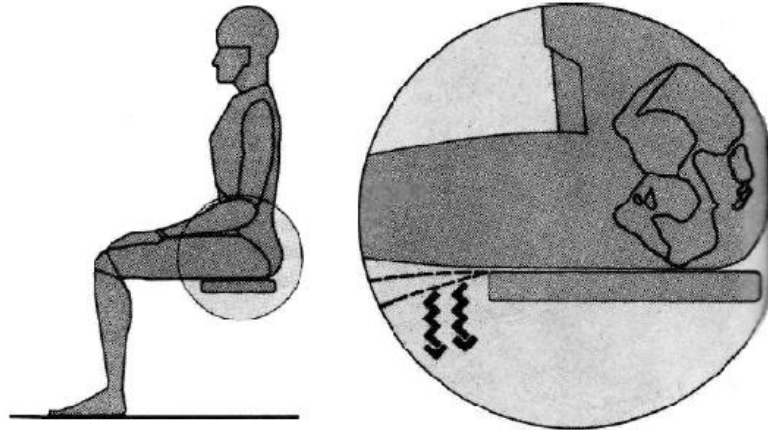


Figura 37. Profundidad del asiento demasiado corta. Panero & Zelnik, 1996.

### ***Respaldo.***

Sin lugar a duda, el respaldo es considerado como una de las partes del asiento con mayor relevancia. Su tamaño, configuración y colocación lo hacen una parte con el dimensionado más arduo, esto, con la finalidad de conseguir un acoplamiento perfecto entre el usuario y el asiento.

La forma que tenga el respaldo corresponderá al perfil espinal, este último, varía en dimensionamiento, pero no en su composición, contando así, con una lordosis lumbar, una cifosis dorsal y una lordosis cervical.

El principal objetivo del respaldo es ofrecer un soporte óptimo a toda la espalda; sin embargo, este presenta ciertas modificaciones en altura, profundidad y anchura, según el tipo de asiento y su área de aplicación, para el presente estudio se requiere de un soporte completo.

### ***Acolchamiento.***

Tiene por fin, distribuir la presión ejercida por el peso del cuerpo sobre una superficie blanda. Un concepto errado del diseñador es asumir que cuanto mayor, más grueso y blando sea el acolchamiento del asiento, este, incrementará considerablemente su comodidad; sin embargo, ese concepto está lejos de la realidad.

Panero (1996) menciona que: “La proximidad de la estructura ósea a la piel hace que aquella experimente los más elevados índices de incomodidad a causa de la compresión que sufren los tejidos del cuerpo”.

La selección de un adecuado acolchamiento es vital, con el fin de evitar que las fuerzas producidas se mitiguen a expensas de la estabilidad del cuerpo. Hay que considerar que producto del peso corporal, el acolchamiento puede sufrir un desplazamiento hacia la zona final de los muslos, ejerciendo presión sobre los nervios de esta zona. Si el cuerpo se hunde, las zonas laterales y posterior se elevarán, generando nuevas presiones sobre este.

### ***Dinámica de tomar asiento.***

Tichauer (1978) indica que: “El eje de apoyo de un torso sentado es una línea situada en un plano coronal que pasa por la proyección del punto inferior de las tuberosidades isquiáticas (figura 38) que descansan en la superficie del asiento” (p 72).

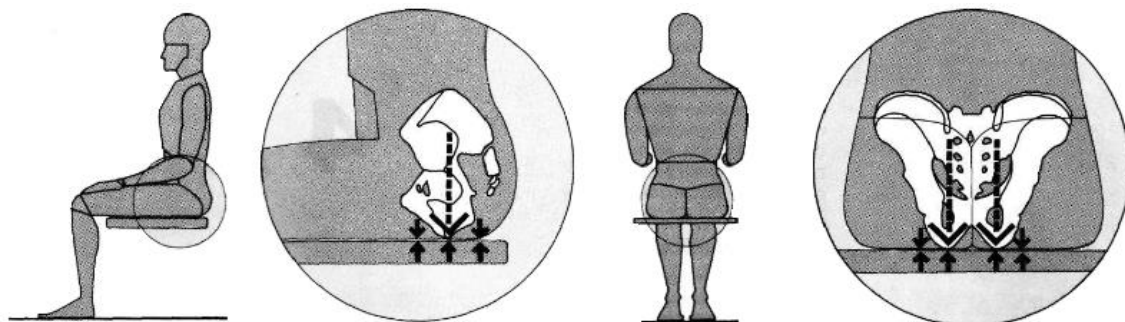


Figura 38. Tuberosidades isquiáticas vistas en sección aumentada de una figura humana. Panero & Zelnik, 1996.

Branton (1966) menciona que, mientras se está sentado, aproximadamente el 75 % del peso corporal es soportado por 26 cm<sup>2</sup> de las tuberosidades isquiáticas, generando compresiones considerables en las nalgas con valores entre 6 y 7 kg/cm<sup>2</sup> (Tichauer, 1978), dichas presiones ocasionan fatiga e incomodidad, lo que conlleva al individuo a realizar cambios de postura para aliviar la molestia; de no ser el caso, mantener la misma posición produciría isquemia o interferencia en el riego sanguíneo.

### Soporte lumbar.

Reed, Schneider, & Ricci (1994) mencionan que, los parámetros de soporte lumbar y su curvatura, seguirán recibiendo mayor énfasis por parte de los investigadores y fabricantes. Se ha establecido que la protrusión del soporte lumbar debe estar entre 200 y 400 mm, permitiendo para el caso de los conductores, que este se ajustable en relación a la variación antropométrica; para el caso de la altura del soporte sobre la superficie del asiento, esta debe estar entre 105 y 155 mm (figura 39).

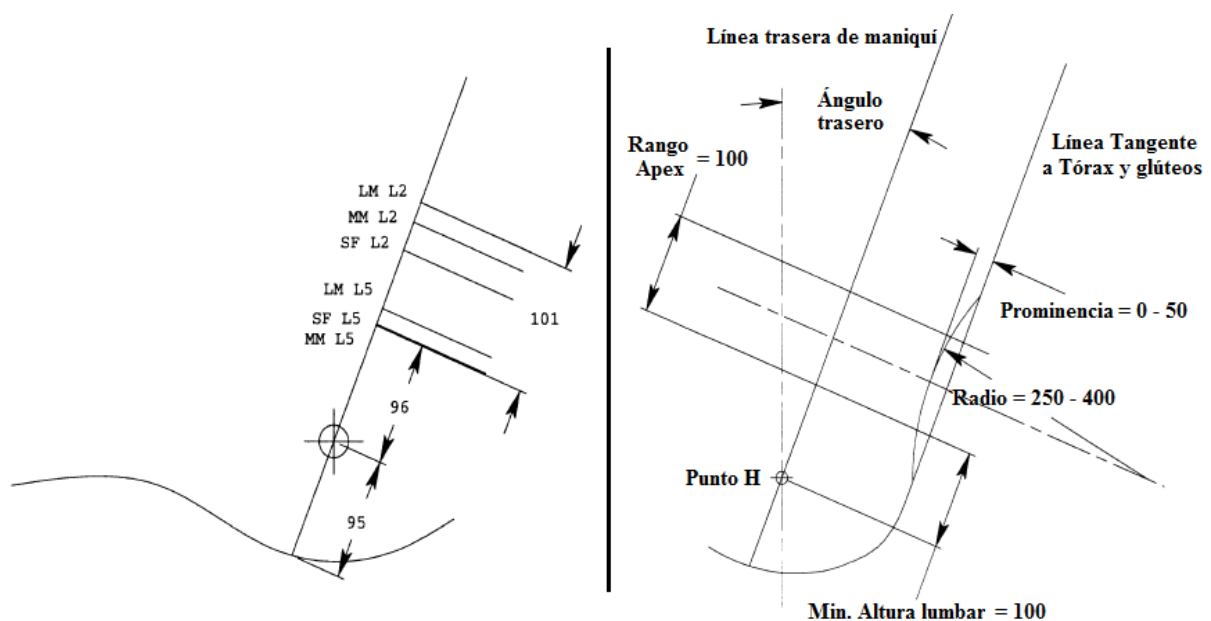


Figura 39. Lugares de referencia de la superficie lumbar en la línea del torso. SF = mujer pequeña, MM = hombre medio, LM = hombre grande (izquierda), Ilustración esquemática de las recomendaciones de soporte lumbar, dimensiones en mm (derecha). Reed, Schneider & Ricci, 1994.

Al reclinar el respaldo del asiento 10°, se produce una mayor reducción en la actividad muscular de la espalda. Los cambios en la postura del raquis, ocasionados por el soporte lumbar, reducen significativamente la presión intradiscal lumbar.

### **Soporte cervical.**

El soporte adecuado en la zona cervical influye de igual manera en el confort del usuario durante el viaje, para el caso de automóviles, dicho soporte debería ser abatible (figura 40) puesto que las condiciones son distintas a las de un bus (Franz et al., 2012); por otro lado, para este último, las modificaciones realizadas a dicho soporte deben ser lo más acertadas posibles, puesto que este caso no permite que sea abatible.



*Figura 40.* Reposacabezas con soporte de cuello en diferentes posiciones. Franz et al., 2012.

### **Ángulos de inclinación y dimensiones según estudios previos.**

Mastrigt (2015) indica que, aquellas personas de baja estatura tienen afin por las sillas más pequeñas; mientras que, las personas más altas por las sillas grandes. La altura del asiento equivocada puede ejercer presión sobre la parte baja de los muslos, una bandeja de asiento demasiado ancha impide que el pasajero use los apoyabrazos, si la profundidad del asiento es excesiva el pasajero no puede usar adecuadamente el respaldo del mismo. Como ejemplo el fabricante de aviones Boeing hace recomendaciones basadas en los datos

seleccionados de CEASAR (2000). Diversos atributos del asiento son mostrados en la figura 41 y la tabla 5.

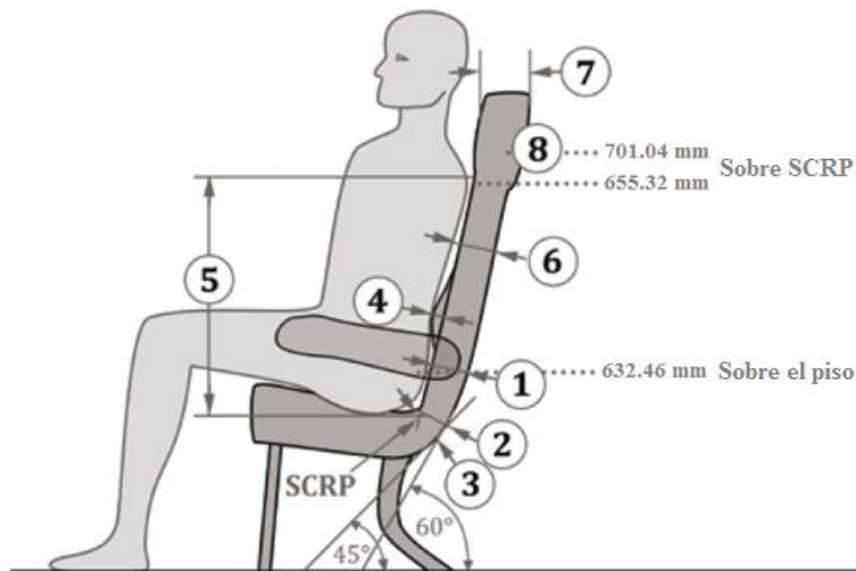


Figura 41. Directrices para la comodidad de los asientos. Maastricht, 2015.

Tabla 5

El grosor o el espacio (en milímetros) requerida para obtener un grado de confort para el asiento según las directrices de Boeing

N°	Espacio para las piernas	Grado de confort (mm)			
		A	B	C	D
1	Espesor en altura de la rodilla (63.24 cm sobre el piso)	<25.4	25.4 – 50.8	50.8 – 76.2	>76.2
2	60° holgura (de SCRP)	<20.32	20.32 – 43.18	43.18 – 63.5	>63.5
3	45° holgura (de SCRP)	<12.7	12.7 – 30.48	30.48 – 48.26	>48.26
<b>Espacio de espalda y hombros</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
4	Profundidad lumbar	<12.7	12.7 – 20.32	20.32 – 27.94	>27.94
5	Altura de la obstrucción del hombro	>655.32	629.92 – 655.32	601.98 – 629.92	<601.98
<b>Trabajo, alimentación y espacio visual</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
6	Espesor superior de la espalda	<38.1	38.1 – 63.5	63.5 - 3.5"	>88.9
7	Espesor del reposacabezas	<38.1	38.1 – 71.12	71.12 – 101.6	101.6
8	Espacio entre los respaldos de los asientos (70.1 cm sobre SCRP)	>101.6	76.2 – 101.6	50.8 – 76.2	<50.8

Nota: Groenesteijn, Maastricht, Gallais, Blok, Kuijt-Evers & Vink, 2014, pág. 135-136.

M.T.T de Santiago (2016) menciona que, el ángulo de la bandeja del asiento en relación con la horizontal debe ser de  $5^\circ$ ; mientras que, para el respaldo entre  $95^\circ$  y  $105^\circ$  de inclinación (figura 42).

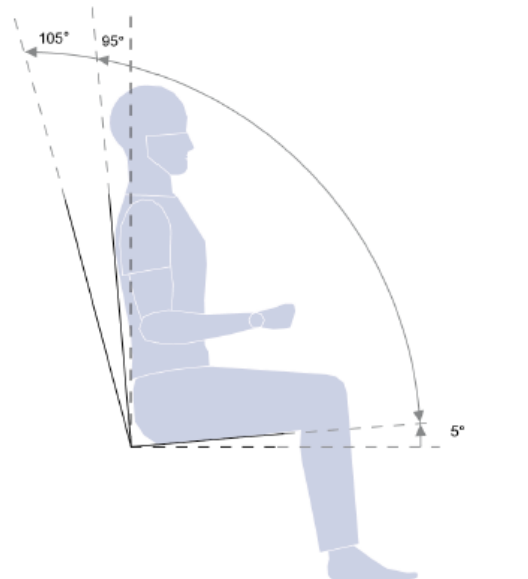


Figura 42. Ángulos de inclinación del asiento, bandeja y respaldo. MTT de Santiago, 2016.

Estudios como Mastrigt (2015, pág. 236) concuerdan que las dimensiones para el asiento en posición normal son de  $5^\circ$  para la bandeja del asiento y de  $105^\circ$  para el respaldo del mismo; sin embargo, para este último se debería considerar otro ángulo para el apoyacabezas, ya que el cuerpo humano no describe la misma trayectoria lineal de dicha inclinación, simplemente funciona como soporte para la región más amplia de la espalda (dorsal).

Branton & Grayson (1967) mencionan que, la conducta humana tiende a evitar situaciones que resulten desagradables y obviamente dañinas. Al sentarse, la persona evitará adoptar posturas incómodas, tratando de minimizar dicho malestar tanto como la situación lo permita. La diversidad de asientos puede proporcionar distintos grados de soporte, induciendo a que las personas adopten posturas diferentes.

Al analizar las características de un asiento, se debe definir la frecuencia con que se utilizan las partes de los mismos. Si, por ejemplo, los apoyabrazos no son usados aunque el

asiento los disponga, sería un indicador que requiera atención especial; puesto que, podrían no ser tan eficaces en diseño o pretender que no son necesarios en absoluto. Una alternativa de diseño de asiento se muestra en la figura 43.

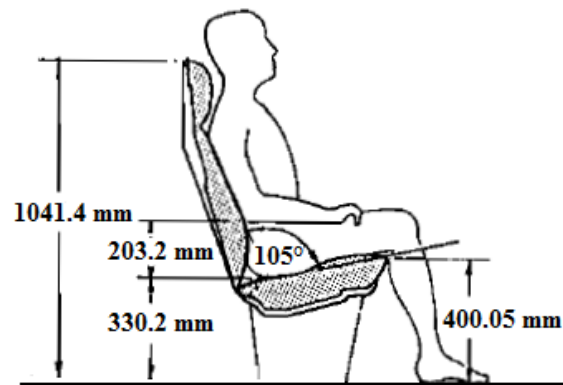


Figura 43. Las proporciones de asiento adoptadas por British Rail. Branton & Grayson, 1967.

Reed, Schneider & Ricci, (1994) dentro de sus parámetros de ajuste, establece la dimensiones para el asiento (figura 44), considerando aspectos como el ancho del cojín, la profundidad del asiento, la anchura del respaldo, la altura del respaldo, el apoyo lumbar y la antropometría.

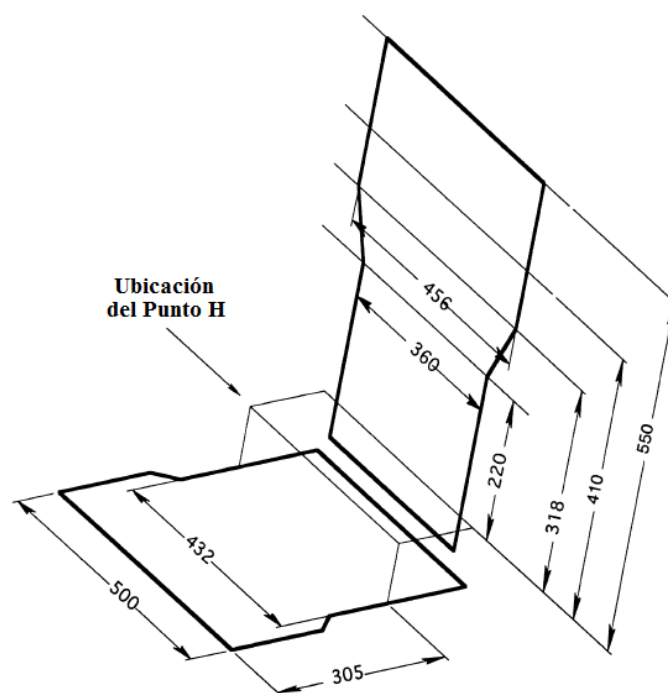


Figura 44. Representación esquemática de las recomendaciones de parámetros de ajuste (mm). Reed, 1994.

Harrison et al., (1999) menciona que, antes del año de 1950, no se definía aún si el raquis lumbar describía una cifosis o una lordosis; Staffel, sugirió que las vértebras lumbares en posición sentada deben describir una trayectoria similar a cuando se está de pie, concluyendo que el raquis lumbar, describe una lordosis (curvatura cóncava). La figura 45 ilustra algunos aspectos sugeridos por Keengan para el diseño de asientos.

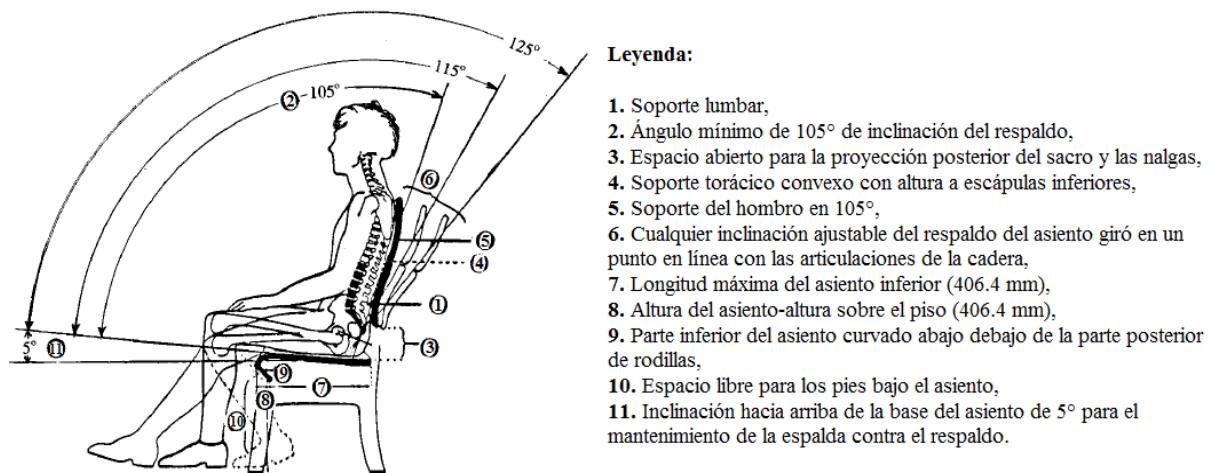


Figura 45. Aspectos importantes del diseño del asiento. Harrison, 1999.

### La columna vertebral y su amplitud de movimiento.

Harrison et al., (1999) menciona que, la postura sentada requiere algo más que una definición. A pesar de que la alineación de la postura es de gran importancia, dicha postura proporciona pocos detalles de la alineación espinal interna. La posición de las vértebras se modifica con cada posición, para analizar la posición de las mismas en la postura sentada, se debe partir de la posición vertical normal.

El control postural es una función motora fundamental pero compleja a la vez, la cual está inmersa dentro de la mayoría de actividades motoras. Existen diversas teorías para explicar la organización neural requerida para sentarse, respirar, estar de pie o el simple hecho de moverse.



La postura erguida anteroposterior es catalogada como una verdadera alineación vertical de los centros de masa y de vértebras (figura 46, A); sin embargo, para la sección lateral, se debate sobre que estructuras anatómicas están alineadas con la línea de gravedad vertical (figura 46, B-D).

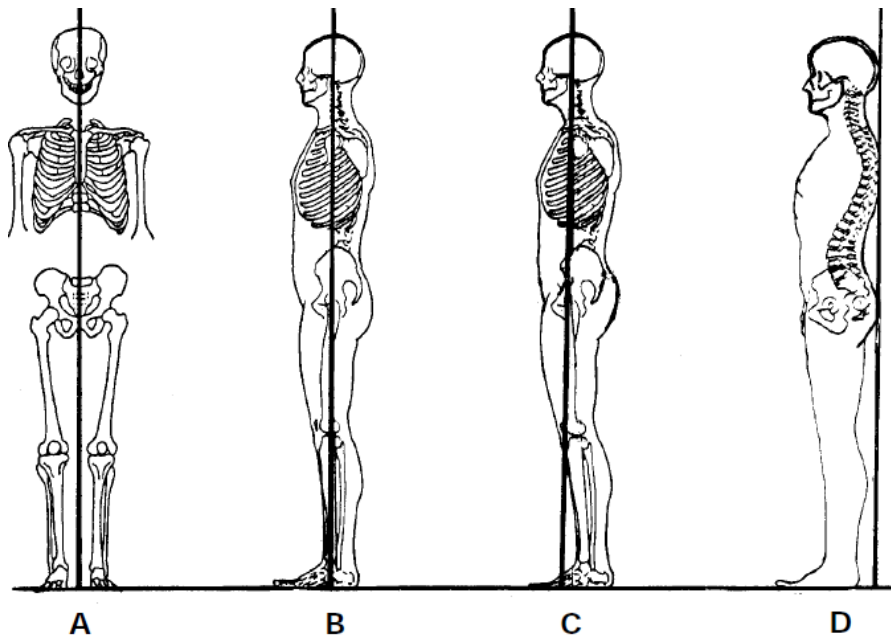


Figura 46. Alineación postural en posición vertical (A - D). Harrison et al., 1999.

La postura normal de pie normal se ha definido como la alineación perfecta de la oreja, hombro, cadera, rodilla y tobillo (figura 46, B). La postura media de reposo indica que el centro de gravedad del cuerpo se encuentra ligeramente anterior al talud del tobillo (figura 46, C). Para diferentes posturas ideales, las partes posteriores de la cabeza, espalda y glúteos deberían estar alineadas verticalmente (figura 46, D).

Al igual que el modelo espinal, se debate sobre el uso de una posición espinal normal ideal frente a una posición normal media. La validez de restaurar la posición normal como resultado clínico y la fiabilidad de la postura ha sido establecida; a pesar que la postura ideal ha sido descrita, la alineación de las vértebras en vista lateral no se puede determinar a partir de la postura adoptada.

Para el modelo espinal de Harrison (figura 47), la lordosis lumbar sagital fue modelada con éxito. Estableciendo para el raquis lumbar  $85^\circ$ , una elipse con una ARA L1 a L5 de  $40^\circ$  y un ángulo de Cobb de T12 a S1 de  $65^\circ$ .

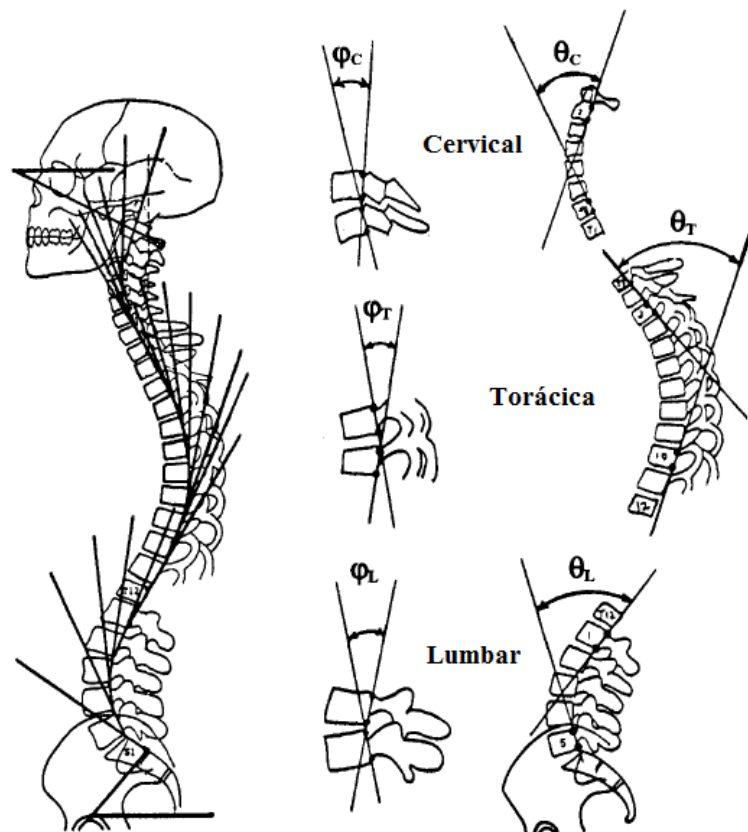


Figura 47. Modelo espinal geométrico de Harrison con arcos circulares para las curvaturas cervical y torácicas y un arco elíptico para la curvatura lumbar, todas ellas en postura vertical normal. Harrison et al., 1999.

Antes de determinar cómo cambia la postura sentada de una persona, es preciso clasificar la postura sentada en relación al centro de gravedad. Para el año de 1962, Schoberth definió tres posturas sentadas, ubicadas sobre la base del centro de gravedad del cuerpo y la proporción del peso corporal transmitido hacia el suelo a través de los pies. Las posturas fueron definidas como anterior, media y posterior. Dentro de la figura 48, el vector RS representa la fuerza de reacción a través del fondo del asiento, RF es la fuerza de reacción del suelo en los pies y CG es el centro de gravedad de la masa corporal por encima de la pelvis.

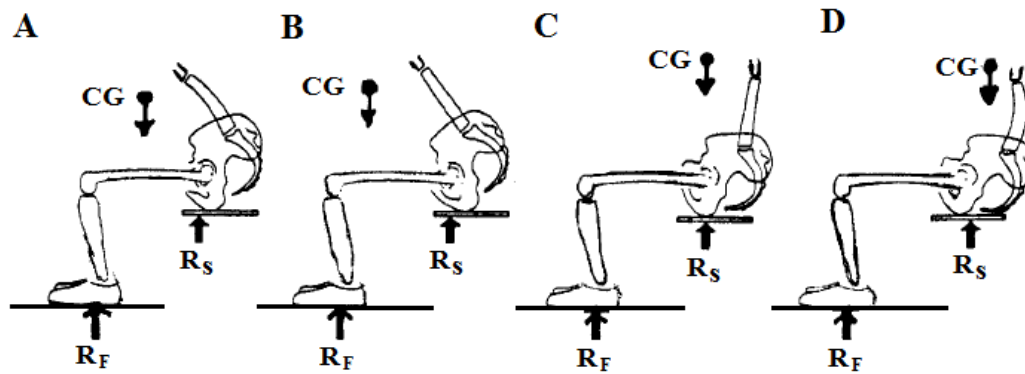


Figura 48. Las tres categorías sentadas de Schöberth ubicadas sobre la base del centro de gravedad (A - D).  
Harrison et al., 1999.

Las tres posturas difieren con respecto de la columna lumbar. Para el cambio de postura de pie a sentado, se registró una rotación promedio de  $40^\circ$  durante este proceso. Para el caso de la posición media (figura 48, C), el CG está por encima de las tuberosidades isquiáticas, permitiendo que los pies transmitan cerca del 25 % del peso corporal al piso.

Al sentarse en posición media relajada, el raquis lumbar se vuelve recto o en cifosis leve. Es posible obtener la posición anterior a partir de la posición central, ya sea por una rotación de la pelvis hacia adelante (figura 48, B) o por crear una cifosis de la columna flexionando sin mucha rotación la pelvis (figura 48, A).

En la posición anterior, el CG está ubicado delante de las tuberosidades isquiáticas, con ello, los pies transmiten más del 25 % del peso corporal al piso. La posición posterior (figura 48, D) es obtenida por la rotación de la extensión de la pelvis y cifosis simultánea del raquis, el CG está por encima o detrás de las tuberosidades isquiáticas, con lo cual, menos del 25 % del peso corporal es transmitido al piso a través de los pies.

Un estudio realizado por Keegan (1953) determinó los cambios posturales de pie a sentado de la columna lumbar en la vista lateral mediante radiografías. Trazó los cuerpos vertebrales posteriores en cada radiografía para luego superponer los sacros de todos los trazos, con el fin de elaborar una plantilla compuesta. La figura 49 muestra las posiciones

radiográficas y las variciones resultantes en el raquis lumbar. Para la figura 46, los literales F, G, L y N muestran una posición posterior; I, J y M muestran una postura media y el literal O refleja un tipo de posición de sentado anterior.

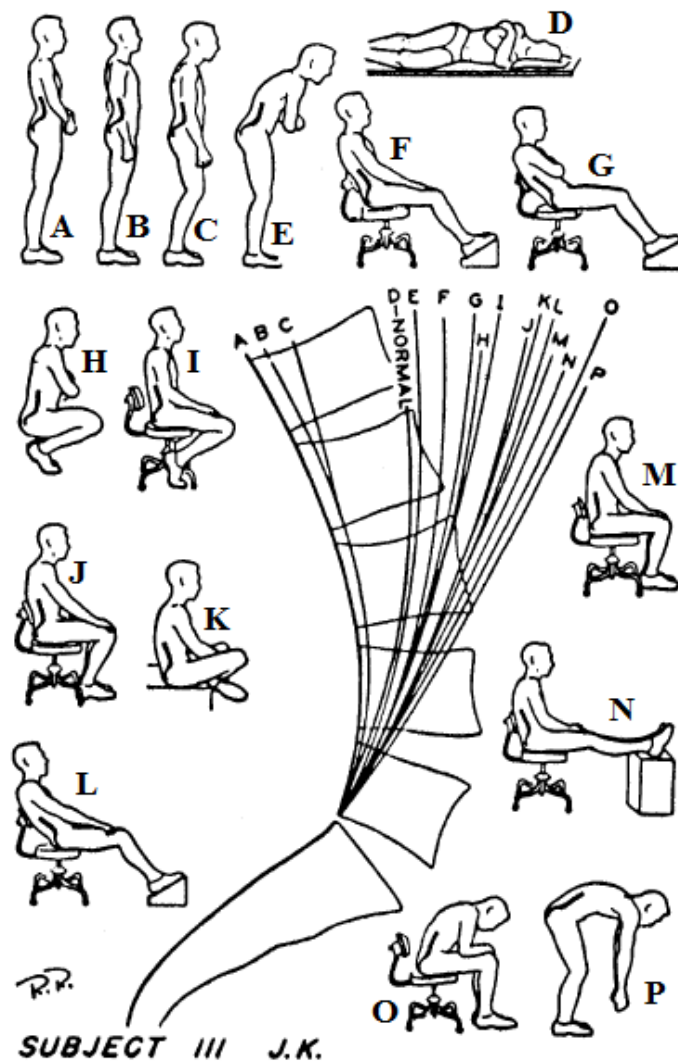


Figura 49. Plantilla de Keegan para las distintas posturas (A – P). Keegan, 1953.

Dentro del mismo estudio se realizaron trazos laterales en posición recostada, derivando una relación entre la lordosis y el ángulo formado por la columna vertebral y los muslos. La figura 50 muestra que al reducirse dicho ángulo de  $200^\circ$  a  $50^\circ$ , la pelvis gira posteriormente haciendo que la lordosis lumbar se convierta en cifótica. Keegan descubrió que la tensión hipotética entre los músculos anterior y posterior del muslo permiten explicar los efectos de la flexión y extensión de la columna vertebral y los muslos.

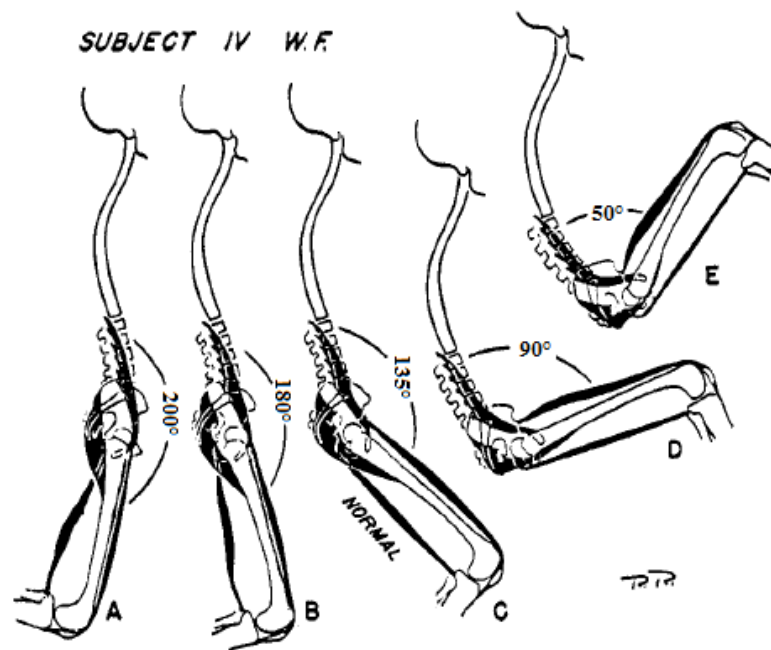


Figura 50. Efectos de alterar el ángulo del muslo-tronco en la postura recostada lateral (A - E). Keegan, 1953.

En la figura 50 los músculos del muslo anterior y posterior fueron oscurecidos para indicar sus apegos; de igual manera, se muestra se muestra como la tensión en estos músculos tira de la pelvis. Se determinó que el ángulo formado entre el tronco y el muslo para la posición C de la figura 50 era una posición neutral para la tensión de los músculos del muslo. Él creía que la tensión entre los músculos del muslo anterior en postura de pie, marcaba la curvatura lumbar.

Rouvière & Delmas (2016) mencionan que, la columna vertebral es un tallo longitudinal óseo, flexible y resistente, con una longitud por término medio de 75 cm. También es llamada raquis (Hevilla, 2010), este conjunto óseo se extiende desde la base de la cabeza, la cual sostiene, hasta la pelvis, encargada de soportarlo. La columna vertebral está compuesta de elementos óseos superpuestos denominados vértebras.

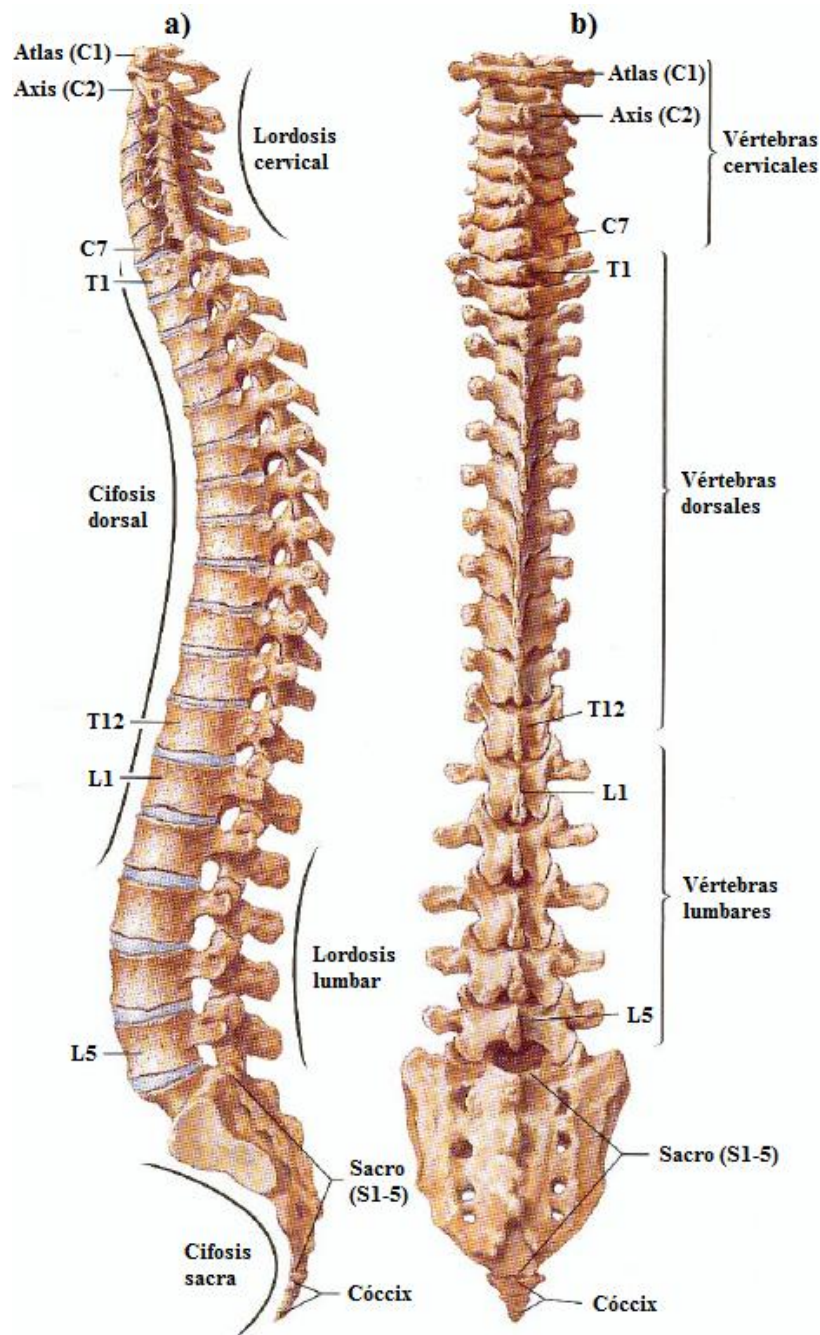


Figura 51. Constitución de la columna vertebral en vista lateral izquierda (a) y vista posterior (b). Rouvière & Delmas, 2016.

La cantidad de vértebras presentes en el cuerpo humano se consideran constantes para el 65% de los individuos, el restante está sujeto a pequeñas variaciones. El número de vértebras oscila entre las 33 y 35, divididas en 24 vértebras pre-sacras (7 cervicales, 12, torácicas y 5 lumbares), 5 vértebras sacras y de 3 a 5 vértebras coccígeas (figura 51) (Rouvière, 2016).

La columna vertebral no describe una línea recta, presenta cuatro curvaturas en el plano sagital y una en el plano frontal. Las curvaturas cervical y lumbar son convexas anteriormente; mientras que las curvaturas torácica y sacrococcígea son cóncavas anteriormente (Rouvière, 2016).

Dentro de la movilidad raquídea, se considera el índice discal y la relación superficie-altura de los discos intervertebrales. Para el caso del índice discal, la relación 1:4 corresponde a la región cervical, 1:5 para la región dorsal y 1:3 para la región lumbar. Un mayor índice discal significa mayor movimiento; por lo tanto, el raquis dorsal presenta menor movilidad. Por otra parte, la relación superficie-altura es de 6:1 para la región cervical, de 22:1 para la región dorsal y de 13:1 para la región lumbar. Esta relación es inversa a la anterior, teniendo una menor movilidad a coeficiente mayores.

La movilidad intervertebral depende en gran medida de la orientación de las carillas articulares interapofisarias, las cuales varían en relación a la región que se considere (figura 52). Las articulaciones intervertebrales permiten movimientos como la inclinación, rotación; mientras que, movimientos de flexo-extensión están limitados (López, 2010).

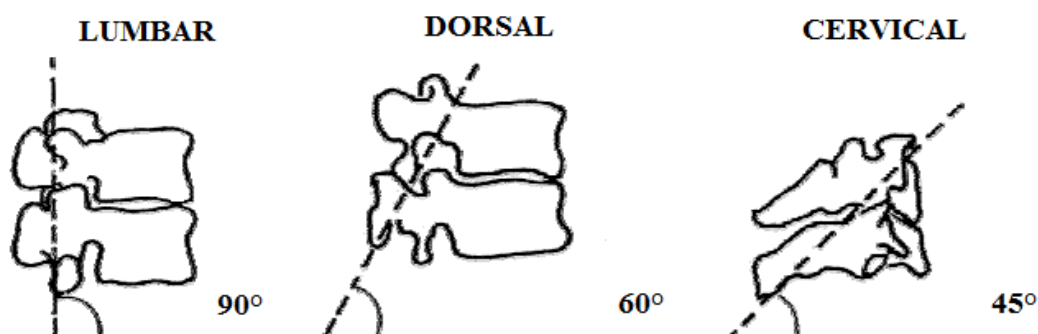


Figura 52. Orientación de las carillas articulares. Miralles & Puig, 1998.

La amplitud del movimiento corporal se basa principalmente en dos movimientos articulares, flexión y extensión (figura 53). La flexión es aquel movimiento en el cual, una

parte ósea se dobla sobre otra, disminuyendo el ángulo entre dos huesos. Por otra parte, la extensión es el movimiento en el que, una parte ósea se estira sobre otra, aumentando con ello el ángulo entre dos huesos (Tafad, 2014).

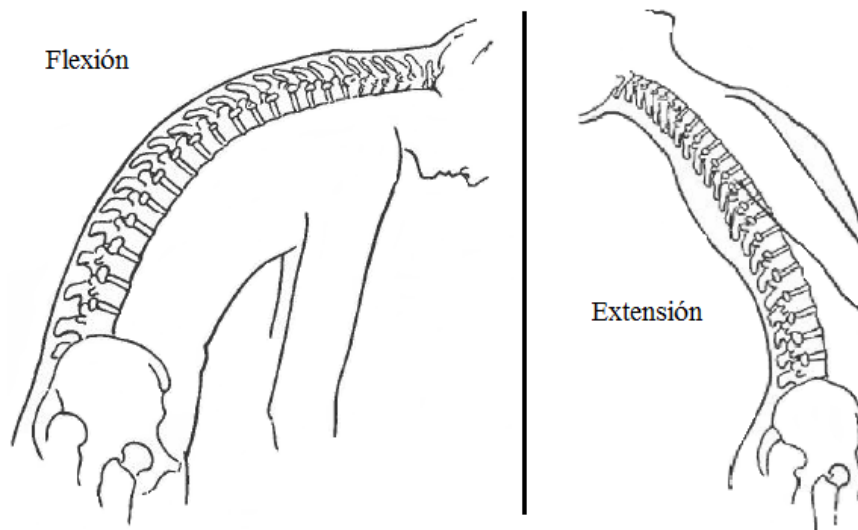


Figura 53. Flexión y extensión del tronco. Tafad, 2014.

La articulación del tronco, tiene una flexión máxima de  $110^\circ$ , de los cuales  $40^\circ$  corresponde a la región cervical,  $20^\circ$  a la región dorsal y  $60^\circ$  a la lumbar; mientras que, la extensión global máxima que alcanza el tronco es de  $140^\circ$ , de los cuales,  $75^\circ$  corresponden a la región cervical,  $25^\circ$  a la región dorsal y  $35^\circ$  a la lumbar, según se muestra en la tabla 6 (Rouvière, 2016).

Tabla 6  
Amplitud de movimientos del raquis

Movimiento	Cervical	Dorsal	Lumbar	Total
Flexión	$40^\circ$	$20^\circ$	$60^\circ$	$110^\circ$
Extensión	$75^\circ$	$25^\circ$	$35^\circ$	$140^\circ$
Rotación	$45^\circ - 60^\circ$	$35^\circ$	$5^\circ$	$95^\circ - 100^\circ$
Inclinación lateral	$30^\circ - 45^\circ$	$20^\circ$	$20^\circ$	$75^\circ - 80^\circ$

*Nota:* Las condiciones varían de un sujeto a otro por lo que la amplitud total de los movimientos de la columna vertebral son admitidos de un modo general. Rouvière, 2016.



### Normativa técnica ecuatoriana para asientos de bus interprovincial.

El asiento del pasajero debe disponer de características, que le permitan al usuario de cierta manera modificar su posición, para pasar de una actividad dinámica a una estática de manera fácil, todas enmarcadas con el mismo fin, el confort de su ocupante.

El INEN, a través de su Norma Técnica Ecuatoriana 1668 denominada '*Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial. Requisitos*'; establece en su apartado literal '*f, asientos para pasajeros*' parámetros técnicos que deben cumplir todas y sin excepción, las carroceras dedicadas a la fabricación de estos tipos de buses y sus respectivos asientos para pasajeros (figura 54). Dentro de dichos parámetros se establecen entre otras cosas, las dimensiones que deben cumplir los asientos de pasajeros, aspectos de seguridad para el caso de cinturones, características mínimas del material, entre otras a detalle (INEN, 2015, págs. 18-30).

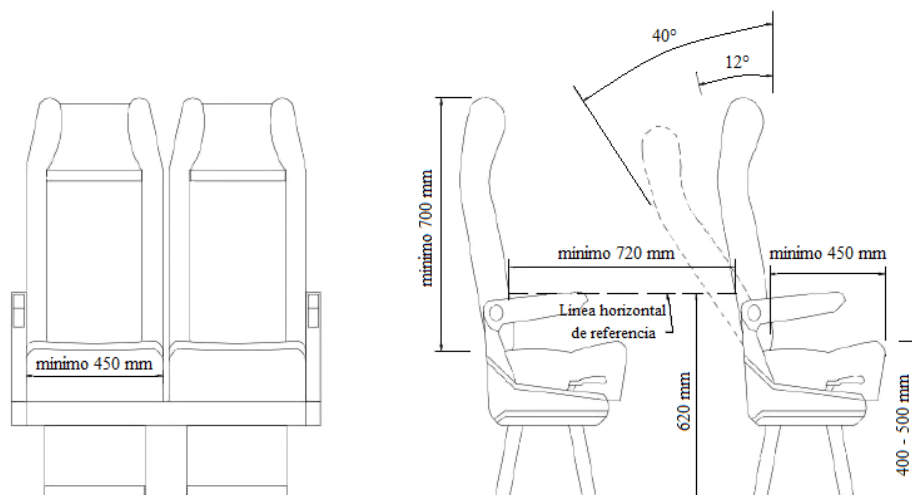


Figura 54. Asientos de pasajeros para bus intrarregional e interprovincial. INEN, 2015.

En el apartado número '*5.9.2, Inflamabilidad de los materiales*' se indica que todos los materiales utilizados en el interior del vehículo deben ser materiales de baja combustibilidad o poseer propiedades retardantes a la propagación de fuego, con un índice de llama de 100 mm/min.

### Método

El presente estudio, sugiere un diseño prototipo, para el respaldo y el cojín del asiento de pasajero de bus interprovincial (espumas) exclusivamente; para ello se establecen dimensiones en base a datos antropométricos de la población ecuatoriana; además, de la determinación de los radios de las curvaturas fisiológicas de la columna vertebral, para el dimensionamiento de los soportes cervical y lumbar integrados en dicho respaldo.

### Metodología

#### Dimensionamiento de las curvaturas fisiológicas de la columna vertebral.

Se emplearon semicírculos con radios enteros, desde 20 mm hasta los 450 mm. Parte de este material se muestra en la figura 55, los cuales fueron usados para crear los diagramas no rectilíneos (curvas fisiológicas de la espalda), que permitan establecer el dimensionamiento de dichas curvas y con ello, definir los radios de cada soporte.

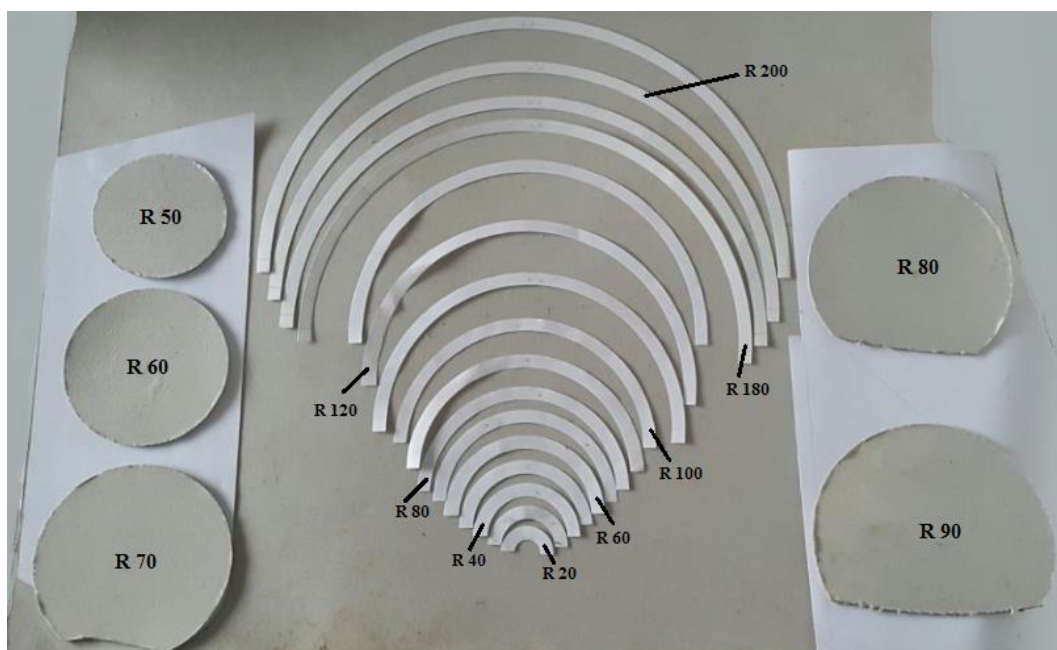


Figura 55. Semicírculos utilizados para la recreación de las curvaturas de la columna vertebral. Autor, 2018.

Estudios tales como:

- El estudio “*Driver discomfort in vehicle seats - Effect of changing road conditions and seat foam composition*”, realizado por Mansfield N., Sammonds G. & Nguyen L., en el año 2015, determinó el efecto producido por la vibración transmitida a través del asiento al ocupante; para ello, contaron con 10 participantes masculinos. Se empleó un mapa corporal y una escala de incomodidad de 6 puntos, tomados de ISO 2631-1 (1997), para la aplicación de dicha escala, se realizó 2 sesiones de 30 minutos cada una.
- El estudio “*Comfort effects of a new car headrest with neck support*”, realizado por Franz M., Durt A., Zenk R. & Desmet P.M.A., en el año 2012, determinó la incorporación de un soporte para el cuello en el apoyacabeza del asiento; para ello, contaron con 11 participantes (5 mujeres y 6 hombres). Se usó un mapa de cuerpo combinado con la escala CP50, misma que fue usada por Shen & Parson (1997), para la aplicación de la escala de incomodidad, se realizó 2 sesiones de 15 minutos cada una.
- El estudio “*Concepts for the reduction of the discomfort generated by the prolonged static posture during the driving task, part II: Experiments and validations*”, realizado por Rhimi A., en el año 2017, determinó la creación de nuevos parámetros de diseño de los asientos del automóvil, que podrían reducir los efectos de la incomodidad generada por la postura estática prolongada; para ello, contaron con 8 participantes masculinos. Se utilizó un mapa de cuerpo y una escala de incomodidad percibida de 10 puntos modificada de Corlett & Bishop (1976), la escala fue aplicada en 6 etapas, cada una de 15 minutos según el método de Dunk & Callaghan (2010).

- El estudio “*Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings*”, realizado por Kyunga G., Nussbaum M. & Babski-Reeves K., en el año 2008, investigaron varios esquemas de calificación subjetiva para determinar el más efectivo en el diseño y la evaluación de asientos para el automóvil; para ello, se contó con 27 participantes. Se usaron 2 escalas, una de comodidad y otra de incomodidad, resultantes de la combinación de las versiones realizadas por Borg (1990) y Corlett & Bishop (1976), una escala análoga visual y un mapa de cuerpo, se realizaron 6 sesiones de 15 minutos cada una.
- El estudio “*Ergonomics modelling and evaluation of automobile seat comfort*”, realizado por Kolich M. & Taboun S.M., en el año 2004, realizaron un modelo de regresión lineal gradual, relacionando las características de presión, la antropometría de los usuarios, la demografía de los mismos y las percepciones de la apariencia del asiento; para establecer criterios humanos de las medidas de presión en la interfaz del asiento. Para ello, se contó con un total de 17 participantes. Se empleó esteras para determinar la presión y una escala de incomodidad modificada de Kolich M. & Taboun S.M. (2004), todo este proceso fue realizado en 30 minutos por participante.
- El estudio “*A Technique for Assessing Postural Discomfort*”, realizado por Corlett E. & Bishop R., en el año 1976, describieron una técnica para registrar la distribución de la incomodidad en el cuerpo y su cambio durante un período de trabajo, esto, sobre el asiento de un operador. Para ello, se contó con 3 participantes y se utilizaron varios diagramas de cuerpo, modificados de Bishop & Corlett (1975), con intervalos de 45 minutos, se registró sobre cada diagrama de cuerpo el grado de incomodidad, usando una escala de 7 puntos.

Para el presente estudio, se contó con un total de 32 participantes, con edades comprendidas entre los 19 – 59 años (población laboral); de los cuales, 14 fueron mujeres y 18 hombres, mostrados en las tablas 7 y 8 respectivamente, con el fin de recrear las curvaturas de la columna vertebral, para determinar sus dimensiones; de igual manera, los mismos participantes realizaron las pruebas de validación posteriores.

Tabla 7  
*Datos de las participantes femeninas*

<b>Participantes femeninas</b>				
<b>Nombre</b>	<b>N° de cédula</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Estatura (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>
Sharon M. Yandún B.	040206256-6	19	140	41
Dayany M. Yandún B.	040181960-2	22	145	61
Rosa O. Bolaños P.	040112706-3	42	149	65
Cecilia Medina	040139323-6	36	150	70
Nicole J. Yandún B.	045007208-7	19	150	60
Cristina A. Yapud T.	040162582-7	25	154	54
Ayda G. Estupiñán O.	817059916-4	42	154	60
Patricia Fuel	040151159-7	31	154	55
Jhina Villarreal R.	175732044-3	25	156	54
Sandra P. Bolaños P.	175643737-0	44	157	68
Magaly Reina N.	040134492-4	34	158	65
Nancy C. Mera T.	040114167-6	39	160	70
Consuelo Llamba A	050259646-3	36	162	65
Nataly Venegas R.	040177502-8	21	167	53

*Nota:* Autor, 2018.

Tabla 8  
*Datos de los participantes masculinos*

<b>Participantes masculinos</b>				
<b>Nombre</b>	<b>N° de cédula</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Estatura (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>
Patricio Pilapanta G.	050334562-1	30	157	75
Andrés Portilla	040189386-2	25	160	54
José A. Getial	840011174-9	31	160	58
Marlon Bastidas R.	040116806-7	41	160	78
Romel Nazate	040134712-5	37	163	72
Wilson A. Fuel R.	040125325-7	31	165	63
Luis Enríquez	040104606-5	41	166	75
Eduardo Arias	050136427-7	50	166	81

Milton Medina V.	040097690-8	46	168	96
Jhonny A. Imbacuán B.	040152675-1	26	169	67
Ramiro E. Argoti	040075880-1	52	170	78
Jhon J. Mejía M.	040190027-9	19	171	67
Alfredo R. Bolaños P.	040103552-2	38	171	90
Kevin A. Mejía	040178861-7	19	172	75
Hugo Chamorro	040069546-6	47	175	87
Brayan Padilla M.	040168637-3	20	175	110
Marco Llamba A.	050355918-4	27	176	73
Diego A. Ger D.	040148833-3	28	187	82

*Nota:* Autor, 2018.

En la tabla 9 se muestra la media y la desviación estándar, obtenidas a través de estadística descriptiva para el conjunto de participantes.

Tabla 9  
*Características de los participantes*

Participantes	n	Edad (años)		Estatura (cm)		Peso (kg)	
		Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Masculinos	18	33.8	10.6	168.4	7.3	76.7	13.5
Femeninas	14	31.1	9.1	154.0	7.0	60.1	8.1

*Nota:* Autor, 2018.

Para el dimensionamiento de las curvas, se adaptó el método REBA, pasando de un análisis postural adoptado por el cuerpo humano, representado a través de un diagrama rectilíneo de palo (figuras 11 y 12), encargado de analizar y representar las cargas y los ángulos entre los miembros que intervienen en el mismo, a un análisis postural, para determinar las curvas fisiológicas del cuerpo humano, teniendo como prioridad la espalda de cada participante, para luego, desarrollar un diagrama no rectilíneo en base a los perfiles.

Las curvaturas a determinarse fueron: la lordosis lumbar, la cifosis dorsal y la lordosis cervical (figura 83), en posición sentada para cada participante; cada una de ellas permitió establecer un radio ideal para cada soporte, el cual, fue incluido en el respaldo del asiento, en cada una de las regiones antes mencionadas.

Las curvas, fueron generadas en posición sentada, a tres ángulos de inclinación distintos para cada participante:  $90^\circ$  (curvaturas sin mayores cambios en relación a la postura de pie),  $110^\circ$  (ángulo mínimo de inclinación del respaldo establecido por la normativa vigente para la posición normal o inicial),  $130^\circ$  (ángulo de inclinación ideal para viajes de larga duración (Harrison, 2000, pág. 40), con la finalidad de determinar la diferencia que sufre cada soporte a un determinado ángulo de inclinación y con ello establecer la condición que tentativamente sería adoptada por los usuarios.

Una vez realizada la construcción de las curvas en el software Siemens NX versión 10.0, se determinó como condición ideal para este estudio, la curvatura generada en el ángulo de  $110^\circ$  (figura 56), puesto que, fue la más cercana a describir una postura relajada extendida, misma que tentativamente es adoptada por la mayoría de usuarios durante un viaje; la cual, no se ve afectada por las restricciones físicas del espacio dentro de un bus. Los resultados de las curvas generadas a  $90^\circ$  y  $130^\circ$  sirvieron de retroalimentación para establecer los radios ideales de cada curvatura.

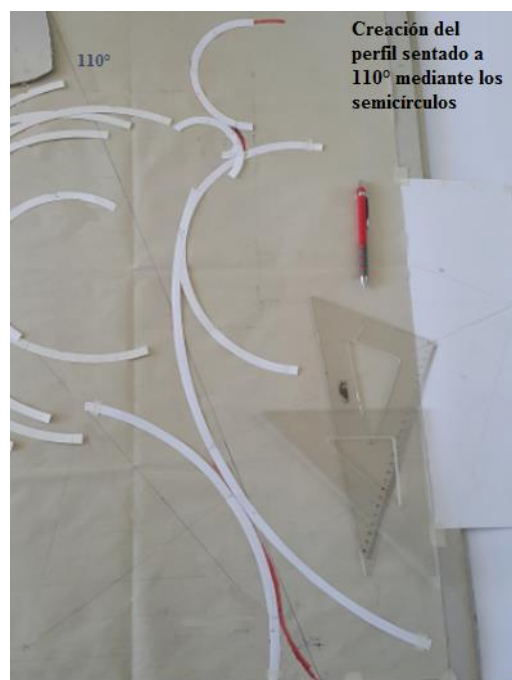


Figura 56. Creación del perfil de la curvatura fisiológica de la espalda para  $110^\circ$  mediante el uso de semicírculos dimensionados. Autor, 2018.

### Dimensiones antropométricas.

Según lo recopilado dentro del estado del arte, las dimensiones antropométricas fundamentales a considerarse para el diseño del asiento de pasajero de un bus interprovincial, comprenden: 5 alturas, 2 anchuras y 1 largura, todas ellas mostradas en la figura 56.

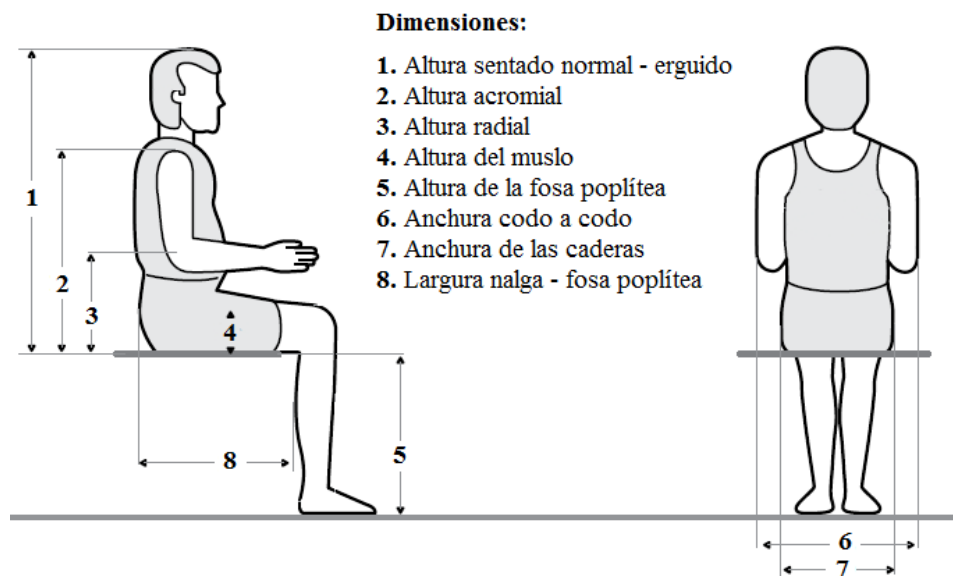


Figura 57. Representación de las dimensiones antropométricas en posición sentado. Ávila, Prado & Gonzáles, 2015.

Los datos usados en el presente estudio corresponden a la población comprendida entre las edades de 19 a 59 años (población laboral), considerando únicamente los datos totales de ambos géneros para las edades antes mencionadas.

Los datos antropométricos, serán tomados de estudios previos. Para la población ecuatoriana, se usarán los estudios de: Palacios Vargas (2015, págs. 62-104); Freire, Ramírez, Belmont, Silva, Romero, Sáenz, Piñeiros, Gómez, & Monge (2014, pág. 213). Para la población colombiana que servirá de soporte, se usará el estudio de: Ávila, Prado, & González (2015, págs. 212-215), las dimensiones de dichos estudios se muestran en la tabla 10. Estos datos permitirán establecer las dimensiones ideales del asiento, tales como: el ancho de asiento, la altura del respaldo, la profundidad de la bandeja del asiento, entre otras.



Tabla 10

*Datos antropométricos de la población ecuatoriana y colombiana*

Datos antropométricos							
Dimensión	Percentil	Población Ecuatoriana			Población Colombiana		
		Valor (cm)	Media	D. E.	Valor (cm)	Media	D. E.
Masa Corporal (kg)	95	95.2	71.9	9.07	87.8	69.8	10.4
Estatura	95	177.1	165.2	5.05	179.2	168.8	6.5
Altura sentado normal	95	91.1	86.61	2.73	91.8	86	3.5
Altura sentado erguido	95	92.93	88.82	2.5	94	88.6	3.21
Altura acromial del hombro	95	65.76	62.34	2.08	63.2	58.8	2.74
Altura radial del codo en reposo	5	23.18	27.59	2.69	19	22.9	2.22
Altura del muslo	50	12.53	12.53	1.24	15	14.9	1.24
Altura de la fosa poplítea	5	37.38	40.99	2.19	35.1	38.3	2.09
Anchura codo a codo	95	49.58	43.97	3.41	52.3	44.6	4.44
Anchura de las caderas	95	37.91	33.74	1.79	42.5	37.3	3.13
Largura glúteo - fosa poplítea	5	42.98	46.86	2.36	42	46.1	2.62

*Nota:* Palacios, 2015; Freire, et al., 2014; Avila, Prado & González, 2015.

Los percentiles considerados fueron 5, 50 y 95 (mínimo, medio y máximo) de todos los estudios. A continuación, se explica la razón por la cual se consideró cada percentil para las diferentes dimensiones:

- Para el caso de la dimensión altura sentado erguido y sentado normal se consideró el percentil 95, puesto que, será la máxima dimensión que deberá tener el respaldo del asiento; sin embargo, se sugiere, que la dimensión de dicho respaldo cubra la distancia desde la pelvis hasta el hueso parietal.
- Para la altura acromial del hombro se consideró el percentil 95, puesto que, por debajo de esta altura no deberá existir ninguna clase protuberancia en los extremos del respaldo, debido a que esta ejercería presión sobre los hombros.
- Para la altura radial del codo se consideró el percentil 5, permitiendo con ello, que las personas de baja estatura puedan apoyar sus brazos sobre el apoyo del asiento, sin esfuerzo alguno.

- Para la altura del muslo se consideró el percentil 50, para establecer la dimensión promedio del punto H que sirve de pivote entre el torso y los muslos.
- Para el caso de la altura de la fosa poplítea se consideró el percentil 5, puesto que, está será la mínima dimensión que requiere el usuario más bajo desde la base del cojín, para que sus pies estén en pleno contacto con el piso del bus.
- Para la anchura codo a codo se consideró el percentil 95, puesto que, esta será la máxima dimensión horizontal que deba cubrir el respaldo del asiento, desde su base hasta la parte más alta del mismo.
- Para la anchura de las caderas se consideró el percentil 95, puesto que, esta será la máxima dimensión que deba cubrir el cojín del asiento, garantizando un adecuado soporte a los glúteos y muslos.
- Finalmente, para la distancia entre la nalga y la fosa poplítea, se consideró el percentil 5, puesto que, esta será la mínima dimensión requerida por las personas más bajas, para evitar que el cojín ejerza presión sobre la fosa poplítea.

### **Normativa.**

El último aspecto a considerar antes de iniciar con el diseño, fue la norma técnica vigente en el Ecuador, para que el diseño de asiento de pasajero de bus interprovincial propuesto, cumpla con las dimensiones establecidas por dicha normativa (figura 54); la cual, fue definida por la entidad encargada del control de dichas unidades de transporte y de este tipo de producto, siendo en este caso, el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) con su Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1668 (2015, págs. 18-20).

### **Modelado y construcción del asiento prototipo de prueba.**

El diseño del asiento prototipo de prueba mostrado en la figura 58, fue desarrollado mediante el software Siemens NX en su versión 10.0 (anexo 1). Para su modelado se

consideraron las dimensiones resultantes de la creación de las curvaturas de la columna vertebral, en conjunto con los datos antropométricos, los resultados dimensionales de la modelación son mostrados en el respectivo apartado.

Con el asiento modelado se procedió a realizar los planos del mismo, para ello se empleó la misma herramienta CAD. Dichos planos, dieron paso a la respectiva construcción del asiento.

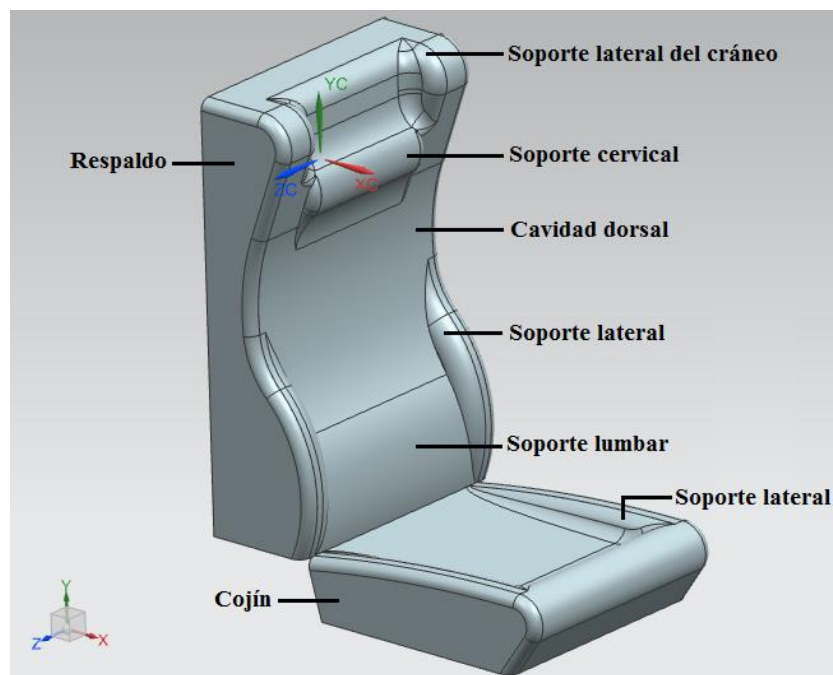


Figura 58. Modelado del asiento prototipo de prueba en el software. Autor, 2018.

El asiento prototipo de prueba, se constituye por un respaldo y un cojín. Para ello, se requirió de una estructura base, que, para este caso se optó por una estructura de doble asiento disponible en el medio, la cual es usada actualmente para montar los asientos de pasajeros en los buses interprovinciales, contando de esta manera con un asiento actual, mismo que fue usado para comparar y determinar el grado de incomodidad entre este y el asiento de prueba, dicho asiento y estructura son mostrados en la figura 59.



Figura 59. Estructura de doble asiento. Autor, 2018.

La construcción del asiento prototipo de prueba inició con el respaldo, para ello, se empleó como base el respaldo del asiento actual, sobre el cual se adicionó material hasta conseguir la forma deseada, cumpliendo con las dimensiones establecidas por el plano (figura 60).



Figura 60. Construcción del respaldo del asiento prototipo de prueba. Espuma de poliuretano (A, B, D) y espuma prensada (C). Autor, 2018.

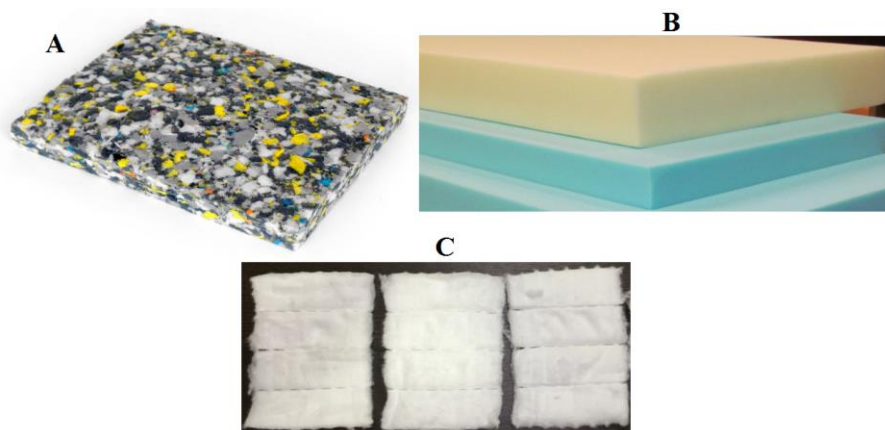
El material adicional empleado en la construcción del asiento prototipo de prueba fue espuma de poliuretano, este tipo de poliuretano, se encuentra en el medio en planchas. Se usó de dos clases: B-1 y C, correspondientes a una plancha de poliuretano de dos centímetros y otra de cinco centímetros de espuma prensada, respectivamente, cuyas propiedades son mostradas en la tabla 11. La espuma prensada por tener mayor resistencia a la compresión, la hace más rígida, esta, fue empleada para la parte central del asiento de prueba; mientras que, la espuma de clase B-1 fue usada para la superficie (con una ligera capa de algodón), puesto que es la que menor resistencia a la compresión ofrece (figura 61).

Tabla 11

*Propiedades físicas y mecánicas de la espuma de poliuretano de 2 cm y prensada*

<b>Propiedades físicas y mecánicas de la espuma de poliuretano</b>				
<b>Propiedades</b>	<b>ASTM</b>	<b>Unidades</b>	<b>Clase B-1</b>	<b>Clase C</b>
Densidad	D-1622	kg/m <sup>3</sup>	32	65
Resistencia a la compresión	D-1621	kg/cm <sup>2</sup>	1.7	3.5
Módulo de compresión	D-1621	kg/cm <sup>2</sup>	50	100
Resistencia a la tracción	D-1623	kg/cm <sup>2</sup>	2.5	6
Coefficiente de conductividad	C-177	kcal/mh.°C	0.015	0.02
Absorción de agua	D-2841	g/m <sup>2</sup>	520	450
Permeabilidad vapor de agua	C-355	g.30mmm	25	15
Estabilidad dimensional	D-2126	Variación %	5	1.5
Temperatura mínima	-	°C	-200	-200
Temperatura máxima	-	°C	105	110
Dilatación lineal máxima	D-696	cm/cm. °C	-5	-5

*Nota:* Los datos mostrados corresponden a las planchas de espuma de poliuretano de 2 cm y prensada. FAO, 2004.



*Figura 61.* Materiales usados en la fabricación del asiento prototipo de prueba. Espuma prensada (A), Espuma de poliuretano (B) y Algodón (C). Legar, 2012.

Para la construcción del cojín se procedió de igual manera, empleando los mismos materiales, con la única diferencia de que no se usó el cojín del asiento actual como base, este, fue construido es su totalidad como se muestra en la figura 62.

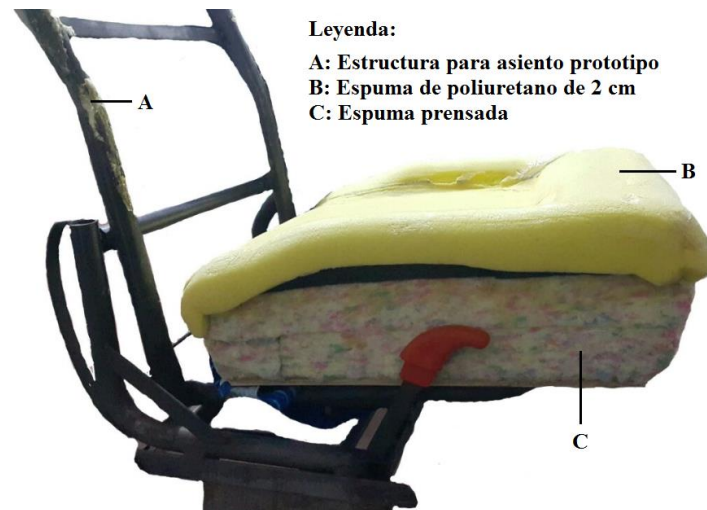


Figura 62. Construcción del cojín del asiento prototipo de prueba (A - C). Autor, 2018.

Una vez construidos tanto el respaldo como el cojín, estos fueron montados sobre la estructura que estaba destinada para este asiento, quedando finalmente la elaboración del forro cobertor para su montaje sobre la estructura junto al asiento actual, como se muestra en la figura 63.



**Leyenda:**  
**A:** Soportes laterales del cráneo **B:** Soporte cervical **C:** Soporte lateral **D:** Soporte lumbar  
**E:** Asiento prototipo **F:** Asiento actual

Figura 63. Asiento prototipo de prueba construido y montado (E) junto al asiento actual (F). Autor, 2018.

**Pruebas.**

Antes de iniciar con las pruebas, cada participante fue pesado y medido, para determinar su peso y estatura, respectivamente (figura 64); luego de ello, se dió paso a las respectivas pruebas.



*Figura 64.* Participante 1 en la toma de peso y estatura. Autor, 2018.

Las pruebas realizadas fueron dos, una subjetiva y otra experimental. La prueba subjetiva, fue aplicada tanto en el asiento prototipo de prueba como en el asiento actual, ya que su fin fue determinar la diferencia del grado de incomodidad entre un asiento y el otro.

Esta prueba estuvo compuesta por una escala de incomodidad de 5 puntos, siendo, 1 “nada incómodo” y 5 “extremadamente incómodo”, esta, fue asociada a un mapa de cuerpo posterior, el cual fue dividido en 9 regiones. Para su aplicación, se consideraron tres condiciones en base al ángulo de inclinación del respaldo, que, para este caso fueron: 105°, 118° y 130°; por ende, se establecieron 6 etapas (3 para cada asiento), con una duración total de 90 minutos por participante; es decir, cada etapa tuvo una duración de 15 minutos.

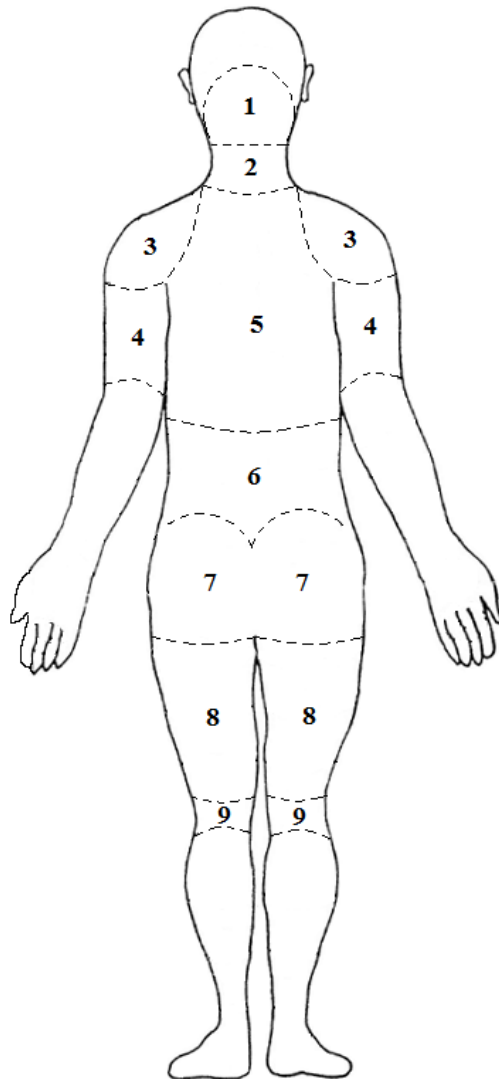
Al final de cada etapa, el participante asignó una puntuación, para determinar el grado de incomodidad registrado en cada una de las regiones del cuerpo. Cada participante inició en el asiento prototipo y una vez realizadas las tres etapas correspondientes, este, pasó al asiento actual para realizar el mismo procedimiento y completar las 3 etapas restantes.

Previo inicio de la primera etapa, cada participante fue instruido en el manejo adecuado de la escala de incomodidad y el mapa posterior del cuerpo, además se les indicó que debían adoptar una postura cómoda para ellos y mantenerla durante el tiempo que duró cada etapa. El material que fue entregado a los participantes, se muestra en la figura 65.

Toda esta prueba, fue desarrollada tomando como base los siguientes estudios: Corlett E. & Bishop R. (1976); Kolich M. & Taboun S.M. (2004); Kyunga G., Nussbauma M. & Babski-Reevesb K. (2008); Franz M., Durt A., Zenk R. & Desmet P. (2012); Mansfield N., Sammonds G. & Nguyen L. (2015); Rhimi A. (2017); Li, Yu, Yang, Pei, & Zhao (2017).



Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: _____		N° de cédula: _____	
Edad: ____ años.	Estatura: ____ cm.	Peso: ____ kg.	Firma: _____

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital															
2.	Cervical															
3.	Deltoides															
4.	Brazos															
5.	Dorsal															
6.	Lumbar															
7.	Glúteos															
8.	Muslos															
9.	Poplitea															

Figura 65. Mapa posterior del cuerpo y escala de incomodidad. Adecuación de: Corlett E. & Bishop R. (1976); Kolich M. & Taboun S.M. (2004); Kyunga G., Nussbauma M. & Babski-Reevesb K., 2008; Franz M. et al., 2012; Mansfield N., Sammonds G. & Nguyen L., 2015; Rhimi A. (2017); Li et al., 2017.

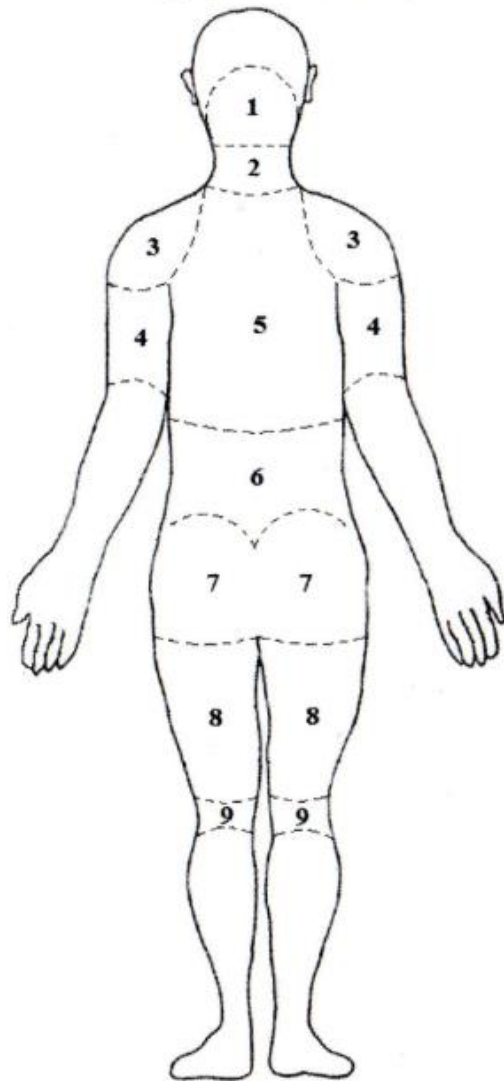
A continuación (a manera de ejemplo), se muestra el desarrollo de las pruebas para determinar el grado de incomodidad en el asiento prototipo y el asiento actual, por parte de los participantes extremos; es decir, el participante de mayor y menor estatura; además, de sus respectivas hojas de respuesta. En la figura 66, se muestra al participante extremo más alto, con 187 cm de estatura, realizando la prueba para determinar el grado de incomodidad en ambos asientos.



*Figura 66.* Participante extremo más alto (izquierda) asiento prototipo y participante 2 (derecha) asiento actual.  
Autor, 2018.

En la figura 67, se muestra el resultado por parte del participante extremo más alto, en la determinación del grado de incomodidad una vez terminadas las seis etapas de esta prueba. La puntuación marcada con el color azul, corresponde al asiento prototipo y la puntuación marcada con el color rojo, corresponde al asiento actual; esto, para todos los participantes.

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: <u>Díaz Armando Ger Díaz</u>		N° de cédula: <u>040148833-3</u>	
Edad: <u>28</u> años.	Estatura: <u>187</u> cm.	Peso: <u>82</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																					
		105°					118°					130°											
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5							
1.	Occipital				X	X	X				X				X	X				X			
2.	Cervical				X	X		X					X	X									X
3.	Deltoides					X	X								X	X							X
4.	Brazos		X			X	X						X	X									
5.	Dorsal			X		X		X				X	X		X								X
6.	Lumbar		X			X				X			X	X									X
7.	Glúteos	X			X		X					X			X							X	
8.	Muslos	X			X			X	X						X							X	
9.	Poplitea	X	X				X	X							X	X							

Figura 67. Resultados del participante más alto una vez terminadas las seis etapas de la prueba en ambos asientos para determinar el grado de incomodidad. Autor, 2018.

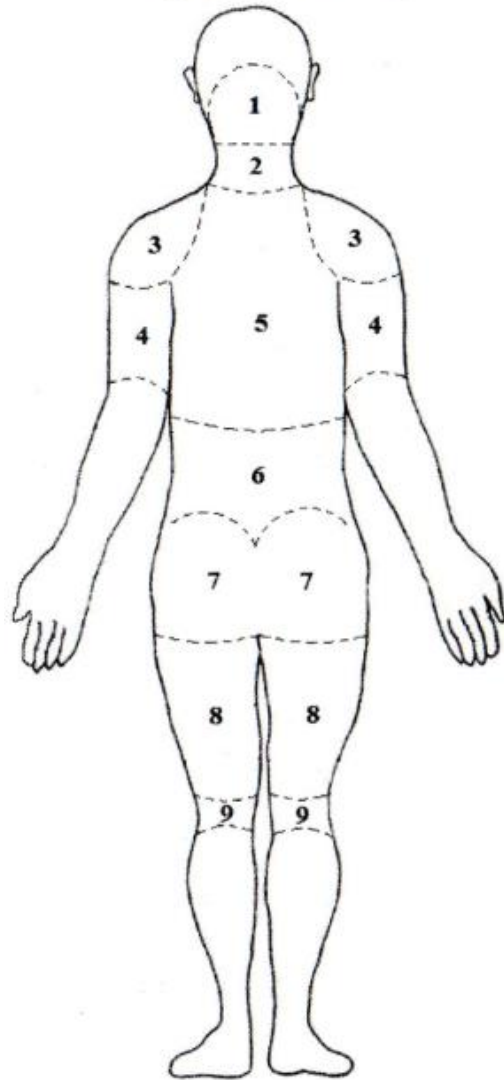
En la figura 68, se muestra al participante extremo más bajo, con 140 cm de estatura, realizando la prueba para determinar el grado de incomodidad en ambos asientos.



*Figura 68.* Participante extremo más bajo (izquierda) asiento prototipo y participante 3 (derecha) asiento actual. Autor, 2018.

Por otra parte, en la figura 69, se muestra el resultado por parte del participante extremo más bajo, en la determinación del grado de incomodidad una vez terminadas las seis etapas de esta la prueba. Recordando, que las marcas en color azul corresponden al grado de incomodidad registrado por dicho participante en el asiento prototipo; mientras que, las marcas en color rojo, corresponden a la puntuación del grado de incomodidad registrado por el mismo participante en el asiento actual, esta consideración, fue aplicada por cada participante.

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: <u>Sharon M. Yandón B.</u>		N° de cédula: <u>040206236-6</u>	
Edad: <u>19</u> años.	Estatura: <u>1,40</u> cm.	Peso: <u>41</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																		
		105°					118°					130°								
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
1.	Occipital		X	X							X		X				X			
2.	Cervical	X			X						X		X				X			X
3.	Deltoides	X	X						X		X					X		X		
4.	Brazos	X	X					X	X						X		X			
5.	Dorsal		X		X				X	X					X		X			
6.	Lumbar		X			X			X		X				X	X				
7.	Glúteos	X	X					X						X		X				X
8.	Muslos	X						X					X			X		X		
9.	Poplitea	X				X		X			X		X				X	X		X

Figura 69. Resultados del participante más bajo una vez terminadas las seis etapas de la prueba en ambos asientos para determinar el grado de incomodidad. Autor, 2018.

La segunda prueba realizada fue experimental, esta, fue aplicada a todos los participantes en el asiento prototipo de prueba. Para ello, se necesitaron dos cosas: un equipo de medición y establecer los puntos o regiones donde se realizarían las mediciones.

La finalidad del equipo, fue determinar la fuerza ejercida por las regiones posteriores del cuerpo; para ello, se utilizó un 'Digital Push Pull Gauge Force Gauge' (Medidor Digital de Fuerza de Empuje, Modelo HF-200, figura 70); con la finalidad de establecer, la fuerza ejercida en cada una de las regiones previamente definidas.



*Figura 70.* Medidor digital de fuerza de empuje, modelo HF-200 con accesorios (derecha) y armado para medir la fuerza de empuje (izquierda). Autor, 2018.

Se establecieron cinco regiones en la superficie del asiento prototipo: cervical, dorsal, lumbar, glúteos y muslos, esto, en vista de que estas fueron las regiones más afectadas en la determinación del grado de incomodidad realizado en la prueba anterior. Se hizo un total de nueve agujeros, cada uno con un diámetro de 10 mm, distribuidos en parejas para cada región,

con excepción, de la región cervical que tuvo un solo agujero. Las mediciones realizadas, fueron repetidas por tres ocasiones, esto, para cada agujero. Para este caso, se le solicitó a cada participante, ubicar el respaldo en el grado de inclinación adecuado a su estatura, para que el soporte cervical se ubique en su respectivo cuello. Los agujeros realizados sobre el prototipo de prueba son mostrados en la figura 71; mientras que, en la tabla 12 se muestra su distribución dimensional sobre este último.



Figura 71. Ubicación de los 9 agujeros distribuidos en el respaldo y el cojín del asiento prototipo. Autor, 2018.

Tabla 12  
 Dimensiones de la ubicación de cada agujero  
 sobre el respaldo y el cojín del asiento prototipo

<b>Dimensiones ubicación de agujeros</b>		
<b>Agujero</b>	<b>X (mm)</b>	<b>Y (mm)</b>
Cervical	250	605
Dorsal 1	140	420
Dorsal 2	140	420
Lumbar 1	15	15
Lumbar 2	15	15
Glúteo 1	165	135
Glúteo 2	165	135
Muslo 1	150	80
Muslo 2	150	80

Nota: Autor, 2018.

En la figura 72, se muestra como se realizó la medición de la fuerza, ejercida sobre el respaldo del asiento prototipo por parte del participante, en este caso del participante extremo más alto.

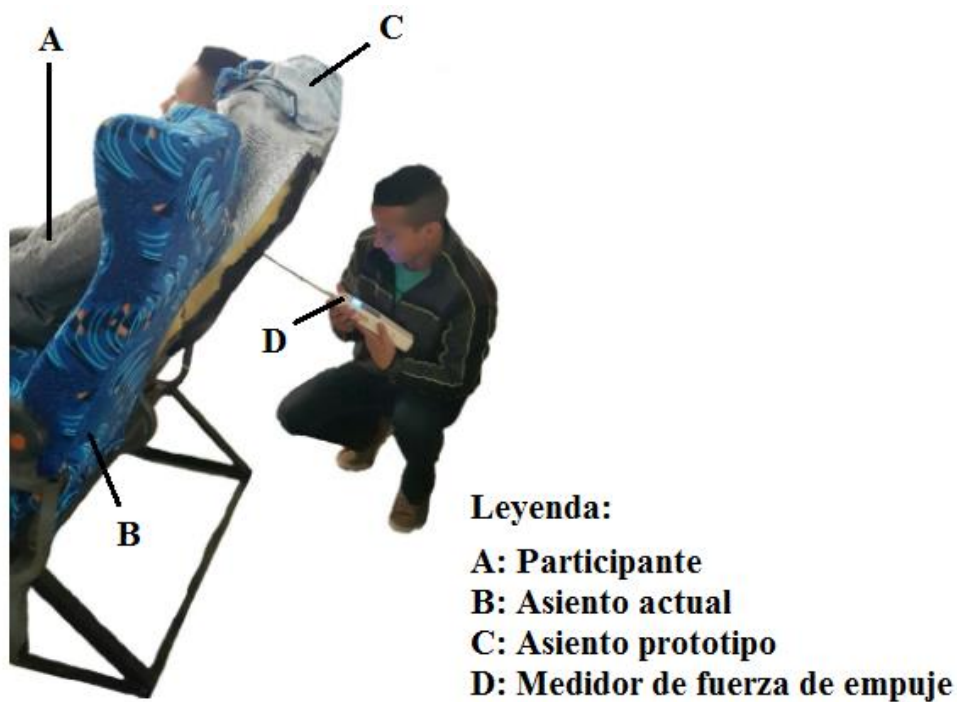


Figura 72. Medición de la fuerza ejercida sobre el respaldo del asiento prototipo de prueba con el participante más alto (derecha). Autor, 2018.



### Modelado y construcción del asiento prototipo final.

Tomando como base las mismas dimensiones del asiento prototipo de prueba que anteriormente fue modelado, se procedió a la modelación del asiento prototipo final, el cual fue realizado mediante el mismo software. Las dimensiones externas y de los soportes, tanto en el asiento prototipo de prueba como en las del prototipo final, son iguales; sin embargo, su diseño, tuvo ligeras modificaciones que son explicadas más adelante. El asiento prototipo final modelado se muestra en la figura 73.

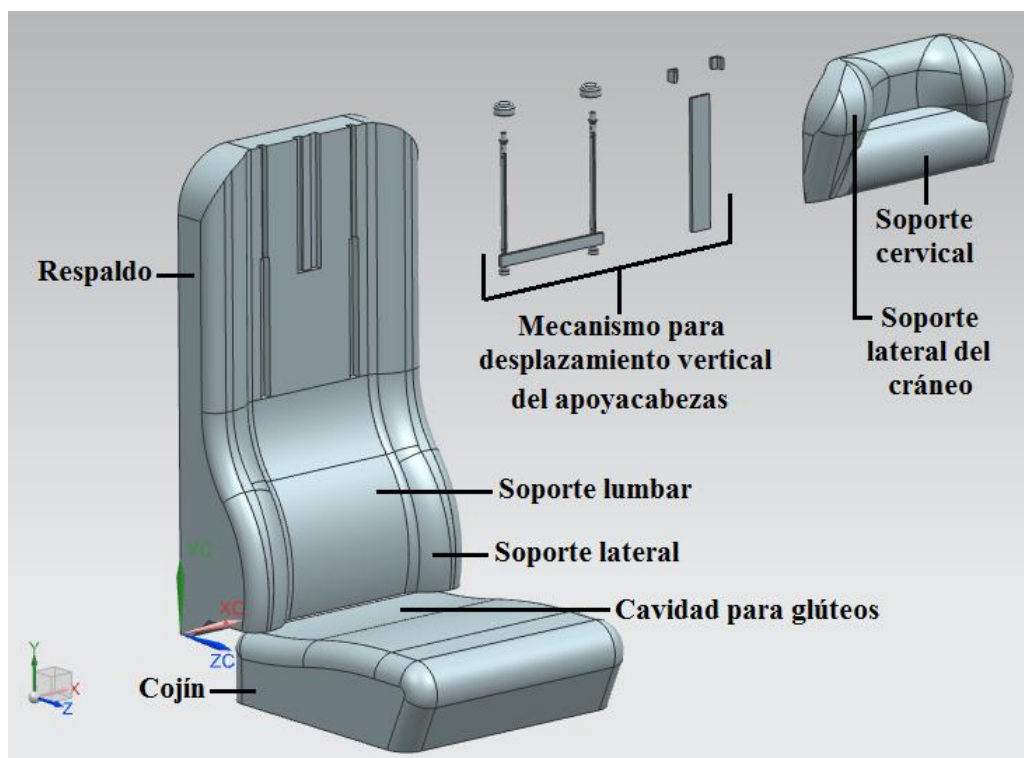


Figura 73. Modelado del asiento prototipo final en el software. Autor, 2018.

El asiento prototipo de prueba que fue anteriormente diseñado y construido, además de ser usado durante las pruebas antes descritas, ayudó como retroalimentación para llegar al prototipo final.

Las pruebas antes descritas, evidenciaron una falencia tanto en el cojín del prototipo, como en el respaldo, esta, dentro del ámbito del diseño, mas no en sus dimensiones. Para el

caso del cojín la falencia encontrada, radicó en sus soportes laterales y en la protuberancia frontal, los cuales, terminaron ejerciendo presión sobre la parte baja de los muslos y el inicio de la fosa poplítea, además, de añadirle altura a la distancia entre el suelo y el cojín, impidiendo con ello, que algunos participantes no alcanzaran el piso con sus zapatos, generando inestabilidad en su cuerpo y por ende incomodidad.

Para dar solución a esta falencia, en la construcción del cojín del prototipo final, se suprimió todas las protuberancias, y, en lugar de colocar soportes laterales, se hizo una ligera cavidad a la altura de los glúteos para evitar el deslizamiento lateral del usuario (figura 74), cavidad, que de cierta manera generó en su contorno soportes que eviten dicho deslizamiento; además, esto permitió reducir la altura entre el piso y la base del cojín, permitiendo a los usuarios tener sus pies completamente sobre el piso, mejorando su estabilidad y por ende su comodidad.

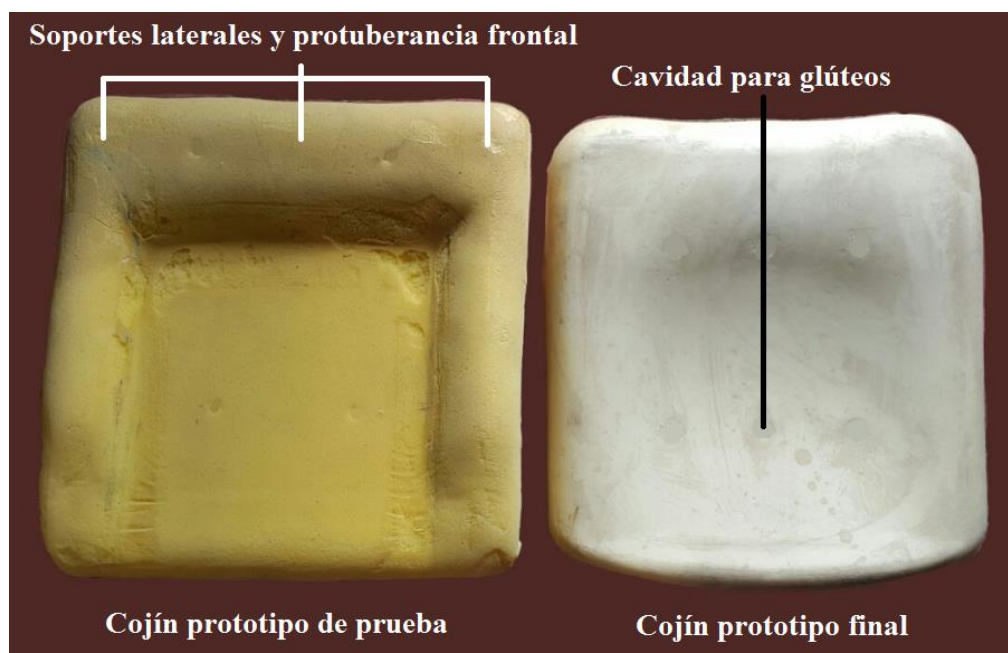


Figura 74. Cojín del prototipo de prueba (izquierda) y cojín del prototipo final (derecha). Autor, 2018.

Para el caso del respaldo del asiento prototipo de prueba, la falencia encontrada, radicó en la disposición del soporte cervical por encontrarse fijo al respaldo, cabe aclarar, que las

dimensiones del soporte no tuvieron ningún problema y fueron usadas en el diseño y construcción del prototipo final.

Para que el soporte cervical del asiento prototipo de prueba cumpla con su fin, requería de dos condiciones, la primera, basada en relación a la estatura del participante y la segunda, en relación al ángulo de inclinación del respaldo. Para el caso de los participantes de menor estatura, encontrándose el respaldo a un ángulo de  $105^\circ$ , el soporte cervical se ubicó en su cuello (condición ideal); sin embargo, cuando el respaldo pasó a los ángulos de inclinación de  $118^\circ$  y  $130^\circ$ , el soporte cervical ejerció una ligera presión sobre los huesos occipital y parietal, como se aprecia en la figura 75.

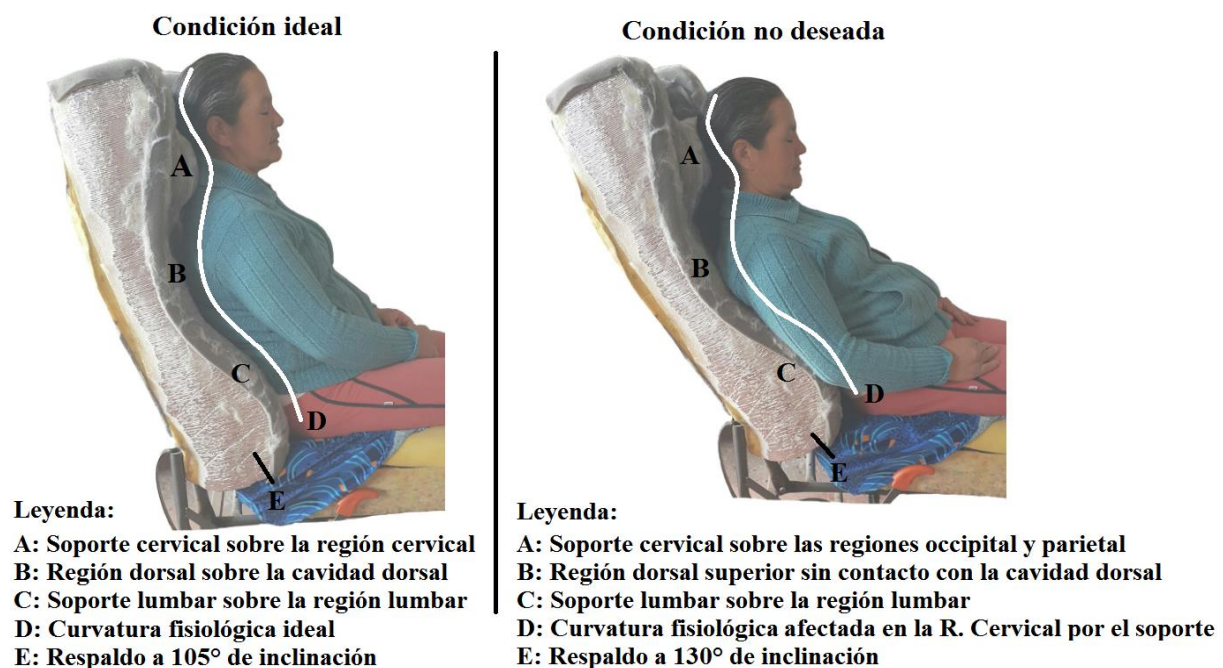


Figura 75. Condición ideal frente a la condición no deseada para el respaldo del asiento prototipo de prueba.

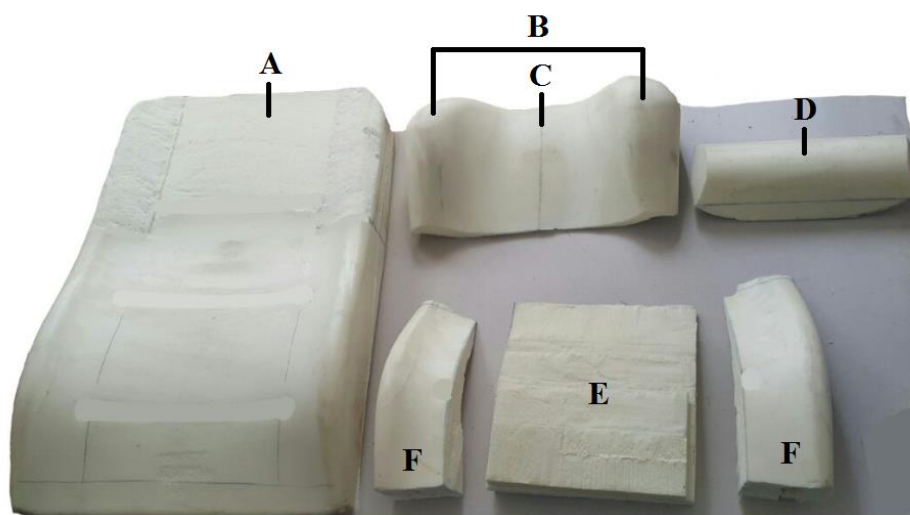
Autor, 2018.

Por otra parte, para el caso de los participantes de mayor estatura, encontrándose el respaldo a una inclinación de  $105^\circ$ , el soporte cervical ejerció una ligera presión sobre la parte posterior de los hombros (condición no deseada); mientras que, cuando el respaldo pasó a los

ángulos de inclinación de 118° y 130°, el soporte cervical se ubicó en el cuello de estos participantes (condición ideal).

Para dar solución a esta falencia, en la construcción del respaldo del prototipo final, se optó por realizar la construcción del apoyacabeza, como una parte independiente del respaldo, esto, con la finalidad de añadirle un desplazamiento vertical a este, que permita solucionar la problemática antes descrita, recalcando, que sus dimensiones son iguales a las del prototipo de prueba.

El respaldo del asiento prototipo final estuvo compuesto por nueve partes, mostradas en la figura 76, todas ellas del mismo material, que para este caso fue la espuma de poliuretano de alta densidad, material que es usado en el medio para la construcción de este tipo de asientos.



**Leyenda:**

**A: Respaldo    B: Soportes laterales del cráneo**  
**C: Apoyacabezas    D: Soporte cervical**  
**E: Soporte lumbar    F: Soportes laterales**

*Figura 76.* Construcción del respaldo del asiento prototipo final. Autor, 2018.

Es importante mencionar, que este material no se encuentra en planchas al igual que los materiales usados en el prototipo de prueba, ya que es inyectado sobre un molde y posterior solidificación se obtiene una espuma con la forma del respectivo molde; por esta

razón, se adquirieron dos espumas de asientos de poliuretano de alta densidad, para usarlos hasta conseguir la forma deseada.

Las herramientas usadas para realizar los distintos cortes fueron: una hoja de sierra de diente fino, un estilete con cuchilla y una tijera; cada uno, usado para realizar los distintos cortes y acabados necesarios en el proceso de construcción; finalmente, para pegar las distintas partes obtenidas se usó cemento de contacto. Estos materiales son mostrados en la figura 77.



Figura 77. Materiales usados en el corte y posterior pegado de la espuma de poliuretano. Autor, 2018.

Una vez terminada la construcción del cojín, el respaldo y el apoyacabeza del asiento prototipo final, se procedió a la construcción del mecanismo que le permitiría a este último, realizar el desplazamiento vertical sobre el respaldo. Luego de varias pruebas, se determinó que el mecanismo debía cumplir dos condiciones importantes, estas fueron: disponer de componentes livianos y resistentes, y, realizar un desplazamiento milimétrico para que cubra la diferencia de estatura de los distintos usuarios.

Para ello, se seleccionó dos varillas corredizas de aluminio ligero, ya que estas cumplen con las condiciones establecidas anteriormente; de igual manera, como parte de este mecanismo, se usó también láminas de policarbonato, mismas que fueron cortadas, acorde al tamaño requerido. Para su ensamble, se realizó perforaciones sobre la respectiva lámina de policarbonato; mientras que, en las varillas, se hicieron cejas para que sirvieran como guías fijadoras del alambre de amarre que fue usado para unir estas piezas. Este mecanismo es mostrado en la figura 78.

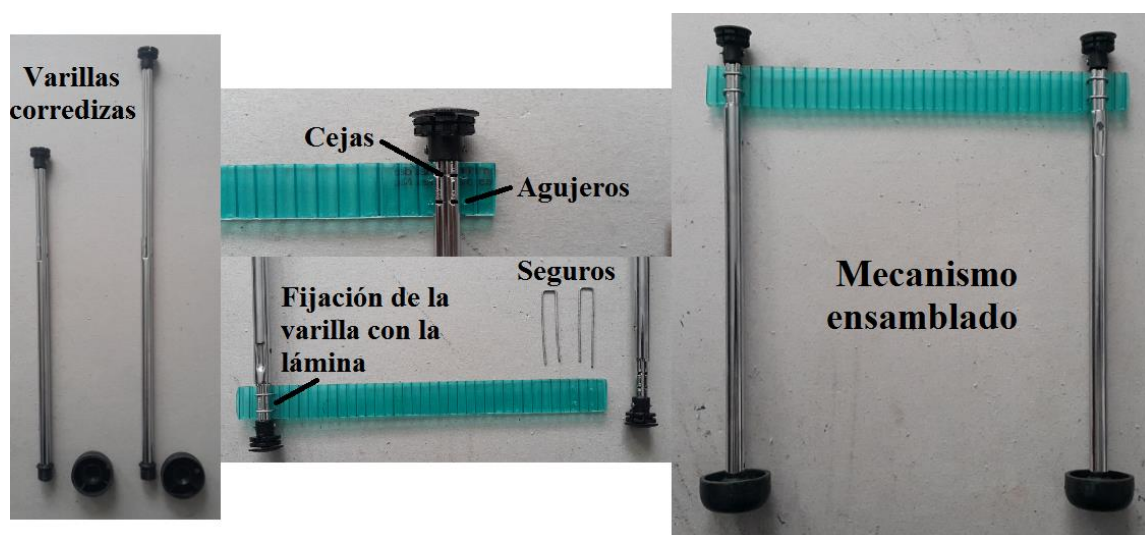


Figura 78. Ensamble del mecanismo para el desplazamiento del apoyacabeza. Autor, 2018.

Posterior a ello, se consideró prudente realizar las respectivas cavidades en el respaldo del asiento prototipo final, con el objetivo de que las varillas del mecanismo se desplacen sobre estas; además, de garantizar que el usuario no entre en contacto alguno con las mismas.

Como parte final de todo este conjunto, se realizó una guía central para mantener al apoyacabeza en la posición adecuada sobre el respaldo, garantizando con ello, que el desplazamiento fuese completamente vertical, evitando algún otro tipo de movimiento que pudiera ocasionar malestar al usuario; de igual, manera se hicieron las respectivas cavidades sobre el respaldo para esta guía, todo ello es mostrado en la figura 79.



Figura 79. Cavitades realitzades sobre el respald de asient prototip final. Autor, 2018.

Una vez finalizada la construcci3n del asient prototip final, se procedi3 a probarlo, alcanzando las condiciones ideales para todos los 3ngulos de inclinaci3n usados durante las pruebas (figura 80); esto, gracias al desplazamiento que ahora realiza el apoyacabeza.

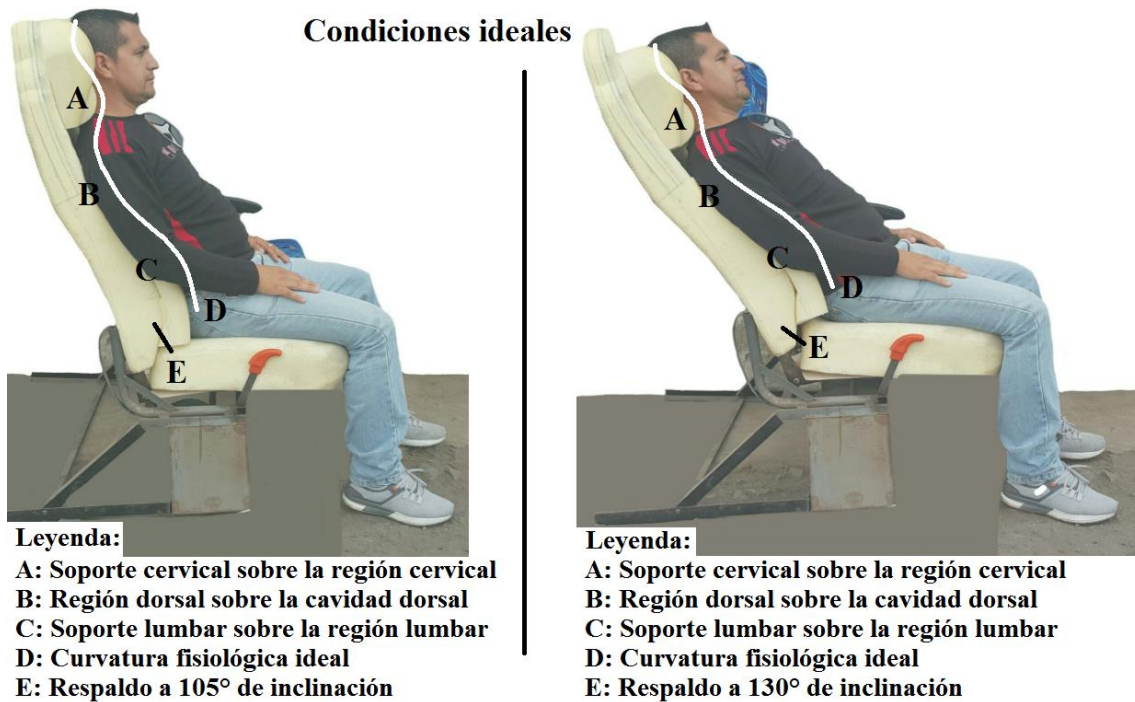


Figura 80. Condiciones ideales para el respald del asient prototip final. Autor, 2018.

Para validar el asiento prototipo final, se usó nuevamente el medidor digital de fuerza de empuje; para esta ocasión, se realizó la toma de lecturas a los tres asientos: actual, prototipo de prueba y prototipo final, realizando cinco lecturas por agujero en cada uno de los asientos antes mencionados, para ello, se contó con el participante extremo más alto. Los resultados son mostrados en el respectivo apartado.

### **Simulaciones.**

Otra de las pruebas realizadas fue la simulación sobre los diseños propuestos, pero antes de ello, se hizo necesario realizar la respectiva caracterización del material, esto, en vista de que el material usado en la construcción del asiento prototipo final (espuma de poliuretano de alta densidad) no se encontraba en la biblioteca de materiales del software.

Con la finalidad de evitar resultados errados al usar datos del material de fuentes bibliográficas y para darle mayor peso a este estudio, se consideró prudente realizar los respectivos ensayos mecánicos del material antes mencionado para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

Los ensayos mecánicos de la espuma de poliuretano de alta densidad, fueron realizados en la ciudad de Ambato, en el laboratorio de resistencia de materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. Para ello, se elaboró tres tipos de probetas: densidad, tracción y compresión, estas son mostradas en la figura 81.





Figura 81. Probetas de espuma de poliuretano para ensayos mecánicos. Autor, 2018.

Los resultados de los ensayos mecánicos realizados a la espuma de poliuretano de alta densidad son mostrados en la tabla 13, en el respectivo apartado. Para el ensayo de densidad, se usó una balanza electrónica digital; mientras que, para los ensayos de tracción y compresión, la máquina usada fue una Metrotec Serie MTE50, estas son mostradas en la figura 82.

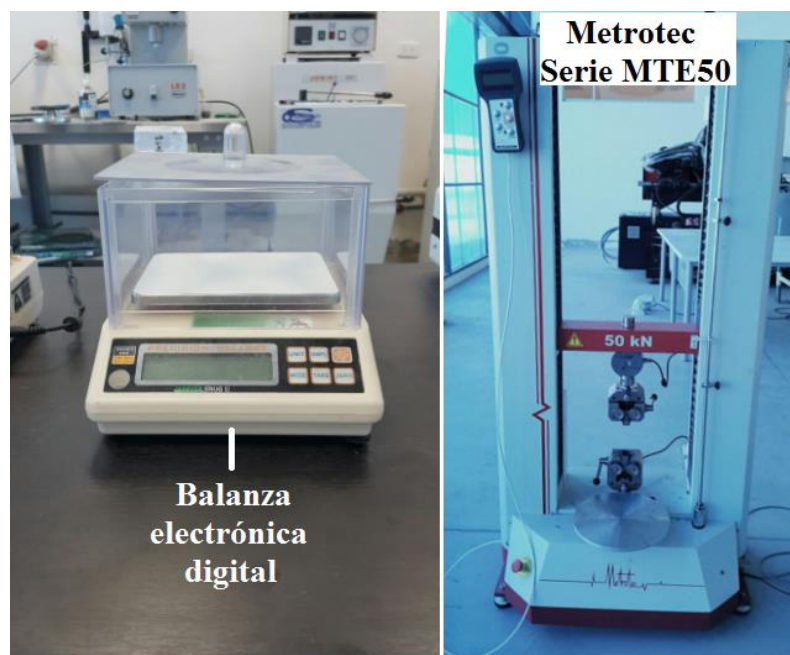


Figura 82. Máquinas usadas en ensayos de densidad (izquierda), tracción y compresión (derecha). Autor, 2018.

Con los resultados obtenidos por los ensayos, se procedió a realizar la caracterización del material dentro del software a usarse para las respectivas simulaciones, que, para este caso fue LS-Dynna (anexo 3) por disponer de un solver netamente explícito. La caracterización del material es mostrada en la figura 83.

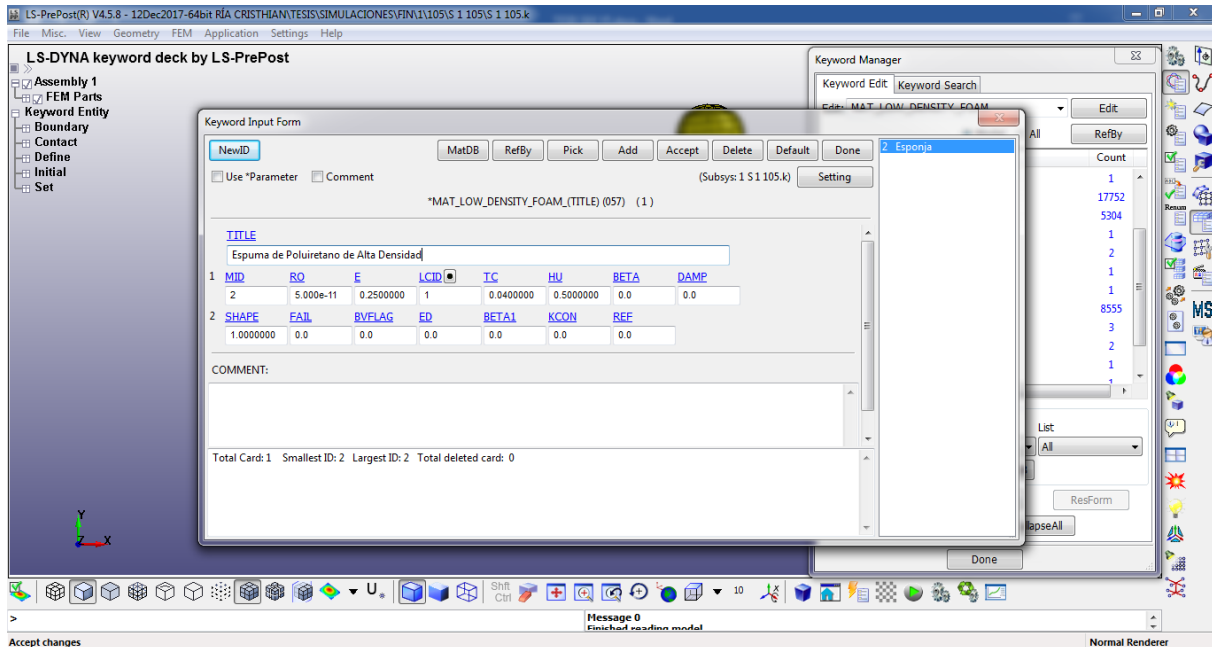


Figura 83. Caracterización de la Espuma de Poliuretano. Autor, 2018.

Las simulaciones fueron realizadas en los tres tipos de asientos (actual, prototipo de prueba y prototipo final), para ello se empleó un maniquí de percentil 95 cuya contextura es muy similar a la de un ser humano, esto debido al análisis y los resultados deseados.

Para el tamaño del mallado de las respectivas partes (maniquí, cojín, respaldo y apoyacabeza), se consideró que el valor del Jacobiano no esté por debajo de 0.3; puesto que, si este parámetro matemático está por debajo de dicho valor, se generarán Jacobianos negativos, dando lugar a errores dentro de la simulación.

La finalidad de las simulaciones fue establecer el comportamiento de cada diseño, en relación a un usuario; todo ello, para determinar la distribución de presión sobre las

superficies en contacto, evidenciando con ello, que una mejor distribución de presión se asocia con una mejor ergonomía del asiento.

### **Análisis estadístico.**

El análisis estadístico de los resultados, fue realizado mediante el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI en su versión 16.2.04 (anexo 2). Al conjunto de resultados se le aplicó una prueba estadística principalmente para la obtención de la media y la desviación estándar, esto permitió aplicar una prueba de múltiples rangos para determinar si hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los asientos, con un nivel del 95 % de confianza. El método empleado para discriminar entre las medias, fue el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5 % al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a cero.

Mediante este análisis estadístico, fue posible realizar una validación a través de los valores obtenidos con los resultados; para este caso, se consideró los valores de fuerza registrados con el equipo de medición, en el participante extremo más alto, usando los tres tipos de asientos (actual, de prueba y final), los resultados de dicho análisis son mostrados en el respectivo apartado.

## Resultados

### Dimensiones del asiento

Los resultados de la toma de perfiles a los participantes, permitieron identificar claramente la forma fisiológica de cada región del cuerpo, tanto en posición de pie como sentada; siendo estas: lordosis (curva cóncava) cervical, cifosis (curva convexa) dorsal y lordosis lumbar. Para ambas posiciones, dicha forma no cambio en ninguna de las regiones antes mencionadas, su forma se mantuvo con ciertas variaciones en las dimensiones de cada una por la postura adoptada, como se muestra en la figura 84.

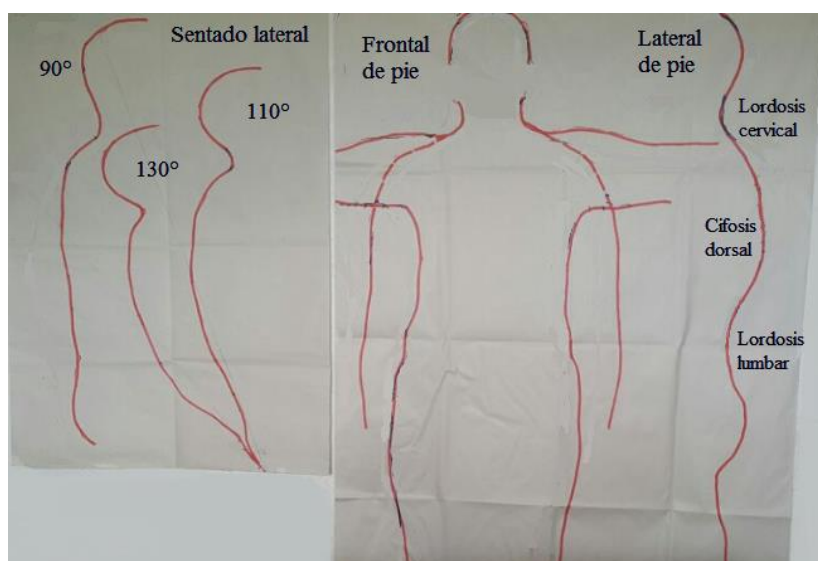


Figura 84. Perfil de las curvaturas del cuerpo humano de pie: frontal y lateral (derecha) y sentado: lateral (izquierda). Autor, 2018.

Como previamente se mencionó, la condición ideal para este estudio radicó sobre la curvatura generada a los 110° en postura sentada; por lo tanto, el dimensionamiento de las curvas de cada región generadas en dicho perfil, permitió obtener los siguientes resultados: radio cervical = 60 mm, radio dorsal superior = 150 mm, radio dorsal inferior 410 mm y radio lumbar = 250 mm, como se muestra en la figura 85. Para el caso de las dimensiones periféricas del asiento, estas fueron establecidas en base a los datos antropométricos anteriormente detallados, teniendo así: altura de respaldo = 800 mm, ancho de respaldo = 500 mm, ancho cojín = 470 mm, profundidad de cojín = 450 mm y altura de cojín = 420 mm.

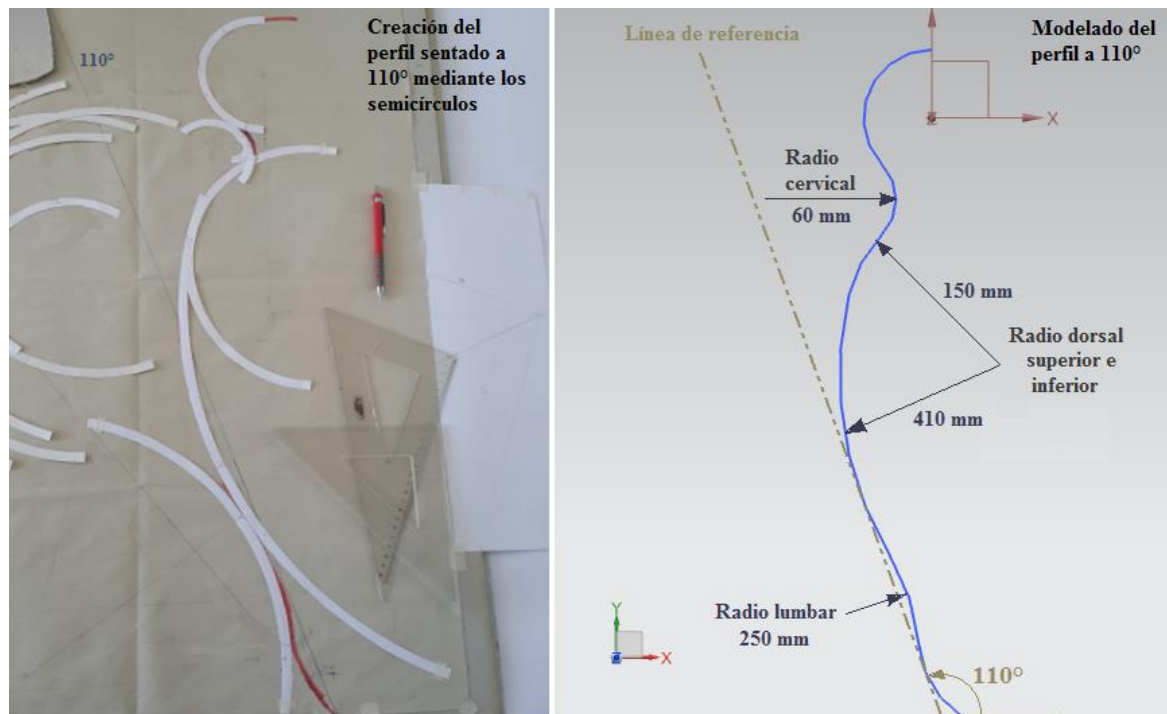


Figura 85. Perfil de la curvatura fisiológica de la espalda para 110° (izquierda) y modelado en el software CAD del perfil ideal con las dimensiones resultantes (derecha). Autor, 2018.

Los resultados de las dimensiones recomendadas por este estudio, para el dimensionamiento del respaldo y el cojín del asiento de pasajero de bus interprovincial, son comparadas con las dimensiones establecidas en la normativa INEN NTE 1668, como se muestra en la tabla 13, cumpliendo de esta manera con las dimensiones mínimas requeridas.

Tabla 13

*Comparación entre las dimensiones resultantes sugeridas por este estudio y las establecidas por la normativa para el dimensionamiento del asiento de pasajero de bus interprovincial*

Dimensión	Dimensiones recomendadas	INEN NTE 1668
	Valor (mm)	Valor (mm)
Ancho respaldo	500	< 450
Altura respaldo	800	< 700
Ancho cojín	470	< 450
Profundidad cojín	450	< 450
Altura cojín	420	400 - 500
Radio cervical	60	No especificado
Radio lumbar	250	No especificado
Radio dorsal superior	150	No especificado
Radio dorsal inferior	410	No especificado

Nota: Autor, 2018.

Además, en la tabla 14 se muestran algunas dimensiones sugeridas, para otros elementos del asiento de pasajero.

Tabla 14  
Dimensiones sugeridas para otros elementos del asiento de pasajero

Dimensiones sugeridas	
Dimensión	Valor (mm)
Altura apoyabrazos	< 160
Profundidad apoyo lateral craneal	> 180
Ancho apoyo lateral craneal	> 120
Altura apoyo lateral respaldo	> 320
Largura apoyapiés	< 620
Altura apoyapiés	< 150

Nota: Autor, 2018.

### Asiento prototipo de pasajero propuesto

El asiento prototipo de pasajero propuesto por este estudio es mostrado en la figura 86.

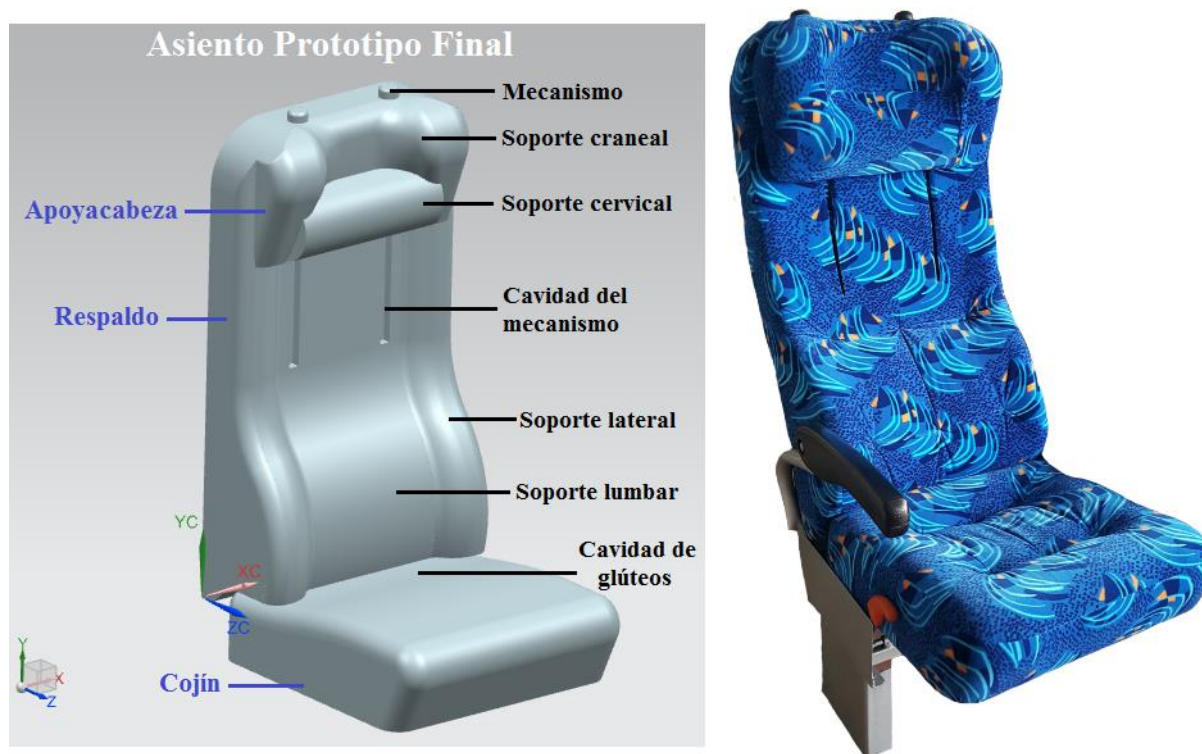


Figura 86. Asiento prototipo de pasajero propuesto. Autor, 2018.

Como resultado se obtuvo tres partes que conforman el asiento: apoyacabeza, respaldo y cojín. El apoyacabeza es una parte completamente independiente del respaldo, el cual está unido a este último por medio de un mecanismo que permite a la vez su desplazamiento vertical, el soporte cervical y los soportes laterales del cráneo van fijos sobre el apoyacabeza; por otra parte, el respaldo lleva en su parte superior las cavidades para el mecanismo del apoyacabeza, la cavidad para la región dorsal al medio y el soporte lumbar se ubica en la parte inferior; finalmente, el cojín dispone de una ligera cavidad para los glúteos en la parte más cercana al soporte lumbar del respaldo, dicha cavidad evita que el usuario se deslice lateralmente, cumpliendo a la vez la función de un soporte lateral.

### Ensayos mecánicos

Los resultados de los ensayos mecánicos realizados a la espuma de poliuretano de alta densidad (material usado en la construcción del asiento prototipo final) son mostrados en la tabla 15.

Tabla 15

*Resultados de los ensayos mecánicos realizados a la espuma de poliuretano de alta densidad*

<b>Propiedades físicas y mecánicas de la espuma de poliuretano de alta densidad</b>				
<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Densidad	ASTM D-3574	Densidad	51,08	kg/m <sup>3</sup>
		Fuerza máxima	13,15	N
Tracción	ASTM D-3574	Esfuerzo mínimo de tracción	0,08	MPa
		Módulo de elasticidad	0,25	MPa
		Desplazamiento	53,38	mm
		Elongación	32,35	%
		Fuerza máxima	65,04	N
Compresión	ASTM D-3574	Esfuerzo máximo de compresión	0,04	MPa
		Módulo de elasticidad	0,28	MPa
		Desplazamiento	17,87	mm

*Nota:* Ensayos realizados en el laboratorio de resistencia de materiales del CFPMC del H.G.P. de Tungurahua. Autor, 2018.

### Grado de incomodidad

Con la finalidad de evitar confusiones en la lectura de los resultados del grado de incomodidad, en la tabla 16, se muestra la escala de incomodidad aplicada, donde se detalla la puntuación y su correspondiente referencia.

Tabla 16  
*Escala de incomodidad aplicada durante la etapa de pruebas*

<b>Escala de incomodidad</b>	
<b>Puntuación</b>	<b>Referencia</b>
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

*Nota:* Autor, 2018.

### **Inclinación a 105°.**

Los resultados de las pruebas de incomodidad registrados para cada región posterior del cuerpo, tanto en el asiento actual como en el asiento prototipo, para un ángulo de inclinación de 105° se muestran en la figura 87.



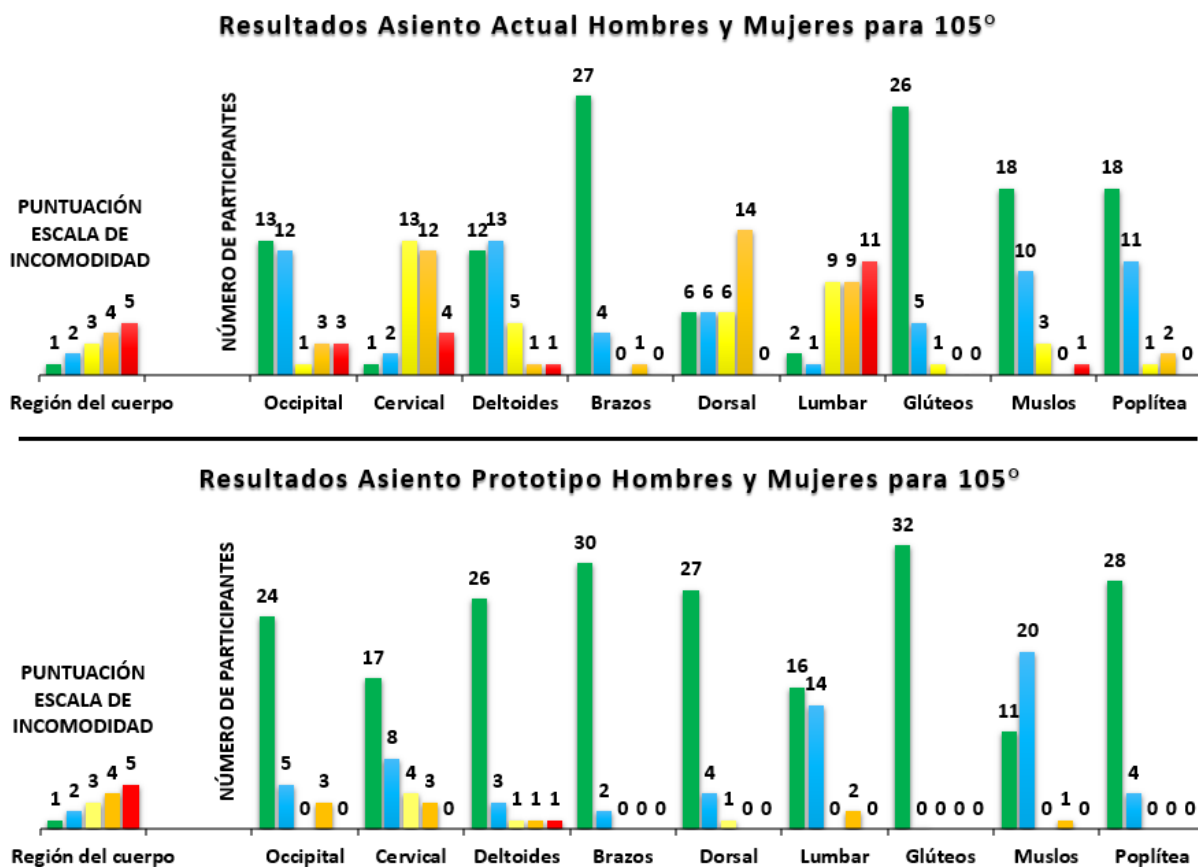


Figura 87. Resultados del grado de incomodidad entre el asiento prototipo y el asiento actual para 105°. Autor, 2018.

**Occipital.** – Para el asiento prototipo, el porcentaje de menor incomodidad, fue el más alto registrado, con un 75 % (24 participantes) correspondiente a la puntuación de 1 en la escala de incomodidad (denominada de aquí en adelante como E.I.), por otra parte, el factor con mayor incomodidad en esta región, recibió un 9.3 % (3 participantes) correspondiente a la puntuación de 4 en la E.I.; mientras que, para el asiento actual, el porcentaje de menor incomodidad registró un 40.6 % (13 participantes) correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., es decir, aproximadamente la mitad en relación al prototipo; por otro lado, el porcentaje de mayor incomodidad registrado fue de 9.3 % (3 participantes) al cual se le suma otro 9.3 % (3 participantes), ambos correspondientes a una puntuación de 4 y 5 en la E.I. Con ello, es posible afirmar que el asiento prototipo reduce en más del 35 % el grado de incomodidad en esta región.

**Cervical.** – Según los resultados, esta es la región que registra el mayor malestar obtenido en el asiento actual. Los resultados para el asiento prototipo indican un 53.1 % (17 participantes) correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I. y de un 9.3 % (3 participantes) correspondiente a la puntuación de 4 en la E.I.; mientras que, para el asiento actual, se registró con una puntuación de 1 en la E.I., apenas el 3.1 % (1 participante), frente, a un 37.5 % (12 participantes) al cual se le suma un 12.5 % (4 participantes) correspondientes a una puntuación de 4 y 5 en la E.I., respectivamente. Esto, permite afirmar, que el apoyo cervical reduce significativamente (más del 50 %) la incomodidad en esta región.

**Deltoides.** – Esta región obtuvo un 81.3 % (26 participantes) correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I. para el asiento prototipo, frente, a un 37.5 % (12 participantes) correspondiente a la misma puntuación de 1 en la E.I. para el asiento actual; en ambos casos, se registró un 3.1 % (1 participante) correspondiente a la puntuación de 5 en la E.I. Con ello, es posible afirmar que esta región del cuerpo registra uno de los menores grados de incomodidad, ubicándose por debajo de la región correspondiente a los brazos.

**Brazos.** - Para esta región, el asiento prototipo obtuvo un 93.8 % (30 participantes) correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., frente, a un 84.4 % (27 participantes) correspondiente a la misma puntuación de 1 en la E.I para el asiento actual; este último registró también, un 3.1 % (1 participante) correspondiente a la puntuación de 4 en la E.I. Esto, permite afirmar, que esta, es la región con el menor grado de incomodidad registrado.

**Dorsal.** – Esta, es otra región con un alto grado de incomodidad, por debajo de la región cervical y lumbar. Para el asiento prototipo, se registró un 84.4 % (27 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I. y apenas un 3.1 % (1 participante) correspondiente a la puntuación de 3 en la E.I.; todo ello, frente, a un 18.8 % (6 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I para el asiento actual, además este último

registró, un 43.8 % (14 participantes), correspondiente a la puntuación de 4 en la E.I. Esto, permite afirmar que, el asiento prototipo reduce en más del 65 % la incomodidad en esta región, gracias a la incorporación del apoyo cervical que impide una flexión indebida entre las vértebras cervicales y dorsales.

**Lumbar.** – Esta región ocupa el segundo lugar dentro del grado de incomodidad en el asiento actual, por debajo de la región cervical. Los resultados muestran que para el asiento prototipo, se obtuvo el 50 % (16 participantes), correspondientes a la puntuación de 1 en la E.I., al cual se le suma el 43.8 % (14 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I. Para este asiento, apenas se registró el 6.3 % (2 participantes), correspondiente a una puntuación de 4 en la E.I. Por otro lado, para el asiento actual, se registró un 6.3 % (2 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I.; mientras que, el grado de incomodidad sumó tres puntuaciones: 28.1 % (9 participantes), 28.1 % (9 participantes) y 34.4 % (11 participantes), correspondientes a una puntuación de 3, 4 y 5 en la E.I., respectivamente. Esto permite indicar que, el soporte lumbar introducido en el asiento prototipo, ayuda a reducir el grado de incomodidad en más del 40 % en el asiento actual.

**Glúteos.** - Esta es la región que mayor peso corporal soporta, con aproximadamente el 65 % del peso corporal. Para el caso del asiento prototipo, esta región registró el 100 % (32 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I., frente, a un 81.2 % (26 participantes), correspondiente a la misma puntuación de 1 en la E.I., para el asiento actual, tan solo 1 participante que representa el 3.1 %, registró una puntuación de 3 en la E.I para este último asiento. Esto permite indicar que, esta región debe disponer de una adecuada cantidad de material, firme (parte central) y blando (superficie) para garantizar un mínimo de incomodidad.

**Muslos.** - Para esta región, el asiento prototipo registró un 87.5 % (28 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I., frente, a un 56.3 % (18 participantes) del asiento actual, correspondiente a la misma puntuación de 1 en la E.I.; además, se registró 1 participante (3.1 %) con una puntuación de 4 y 5 en la E.I., respectivamente, para cada asiento. Concluyendo que esta región requiere de una superficie suave y completamente lisa.

**Poplítea.** - Esta región determina el grado de incomodidad de la parte baja de un usuario, en vista de que, si es presionada por el cojín, el flujo sanguíneo se interrumpe, generando con ello adormecimiento en las extremidades inferiores. Para el caso del asiento prototipo, se registró un 87.5 % (28 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I.; mientras que, para el asiento actual se registró un 56.3 % (18 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la escala de incomodidad, además, de un 6.3 % (2 participantes), correspondiente a una puntuación de 4 en la escala de incomodidad. Esto permite indicar que, la profundidad del cojín es un factor importante a la hora de determinar el grado de incomodidad, debe existir una pequeña holgura de aproximadamente 5 cm entre el borde del cojín y la fosa poplítea de cada pierna.

**Síntesis.** - En la primera etapa de inclinación de 105° (inclinación estándar del asiento), para el caso del asiento prototipo se registró un mayor grado de incomodidad en las regiones: occipital, cervical y deltoides, debido a que no todos los participantes tuvieron un adecuado contacto con el apoyo cervical, llegando en unos casos a realizar el trabajo de un apoyo craneal en la parte occipital, o en el caso extremo, a ejercer presión sobre los deltoides, esto abre paso, al estudio de un apoyo regulable verticalmente para dar solución a la diferencia de estatura; por otro lado, el asiento actual, registró un mayor grado de incomodidad en las regiones: occipital, cervical, dorsal y lumbar, cada una de ella con mayor intensidad que la otra; el principal problema, recae en que el usuario tiene que flexionar la región cervical hacia atrás, para obtener un soporte a nivel del hueso occipital, obligando a

que la cifosis dorsal se convierta en una lordosis y con ello hace que la región lumbar se aleje del respaldo quedando esta sin soporte alguno.

**Inclinación a 118°.**

Los resultados de las pruebas de incomodidad registrados para cada región posterior del cuerpo, tanto en el asiento actual como en el asiento prototipo, para un ángulo de inclinación de 118° se muestran en la figura 88.

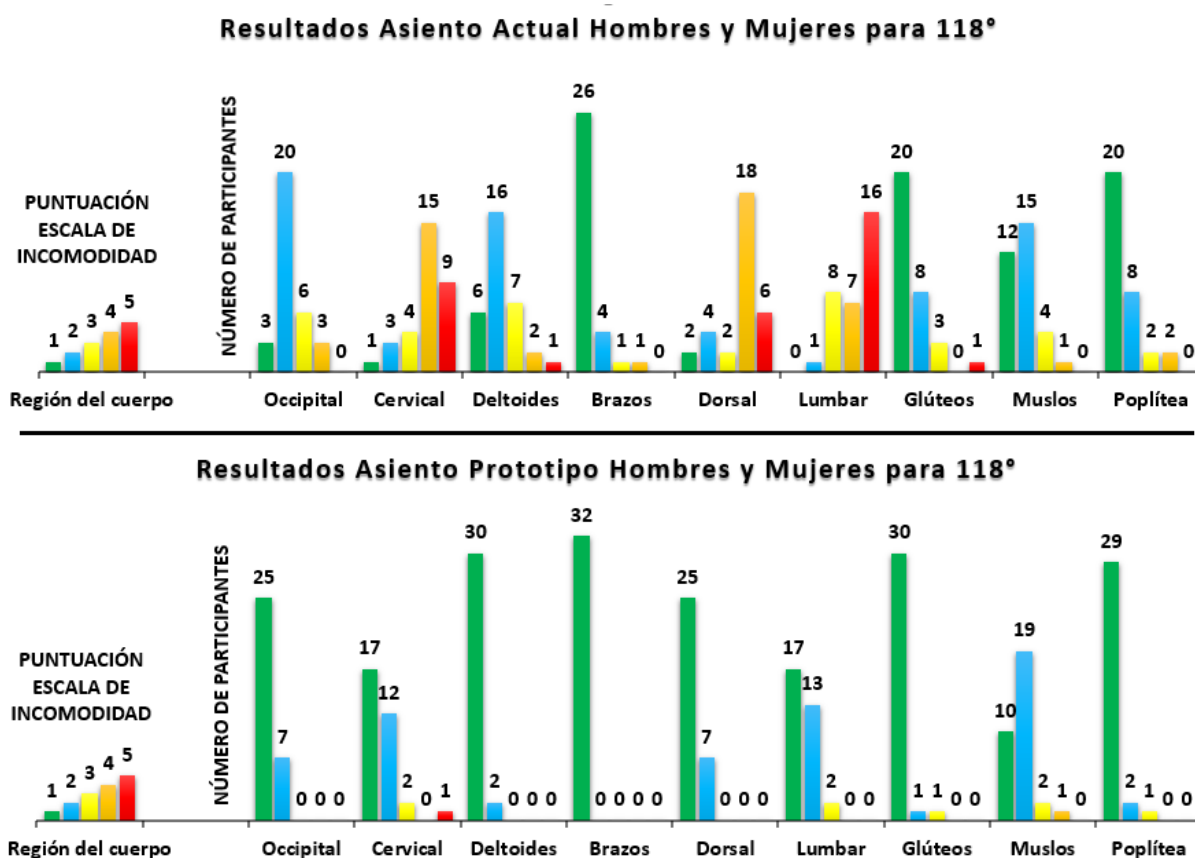


Figura 88. Resultados del grado de incomodidad entre el asiento prototipo y el asiento actual para 118°. Autor, 2018.

**Occipital.** – Al tener un mayor ángulo de inclinación, el apoyo cervical tiende literalmente a ascender, en vista de que es un soporte fijo en el respaldo del asiento, esto significa que el apoyo cervical continúa cumpliendo la función de soporte, pero con tendencia a ser un soporte craneal, eso, según la estatura del usuario. Para el caso del asiento prototipo,

los resultados registrados, muestran una reducción de la incomodidad en relación a la inclinación anterior, teniendo así un 78.1 % (25 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la escala de incomodidad (denominada de aquí en adelante como E.I.), frente, a un 62.5 % (20 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I., para el asiento actual, a ello se le suma un 18.8 % (6 participantes) y un 9.3 % (3 participantes), correspondientes a una puntuación de 3 y 4, respectivamente en la E.I. Con ello es posible afirmar que, pese al ‘desplazamiento’ que sufre el soporte cervical en relación al usuario, el asiento prototipo reduce el malestar generado en el hueso occipital ante la usencia de dicho soporte en el asiento actual.

**Cervical.** – Los resultados para esta región, mostraron un 53.1 % (17 participantes), correspondientes a una puntuación de 1 en la E.I., para el asiento prototipo, seguido de un 37.5 % (12 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I., para este tipo de asiento se registró un 3.1 % (1 participante), correspondiente a una puntuación de 3 y 5, respectivamente en la E.I.; mientras que, para el asiento actual, se registró un 9.3 % (3 participantes) correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I., a ello, se le suma un 12.5 % (4 participantes), un 46.9 % (15 participantes) y un 28.1 % (9 participantes), correspondientes una puntuación de 3, 4 y 5, en la E.I, respectivamente. Esto permite indicar que, el usuario requiere realizar una mayor flexión para alcanzar a topar con el occipital la superficie del asiento actual, debido al incremento en el ángulo de inclinación; mientras que, el soporte cervical del prototipo ayuda a reducir esta flexión, disminuyendo con ello, el grado de incomodidad en más del 50 %.

**Deltoides.** – Debido a la inclinación del respaldo, el soporte cervical ha ascendido en relación al usuario, evitando con ello la presión sobre esta región para los participantes de mayor estatura; es por eso, que para el asiento prototipo se tiene un registro de 93.8 % (30 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I.; mientras que, para el asiento

actual, se registró un de 18.8 % (6 participantes) y un 50 % (16 participante), correspondiente a las puntuaciones de 1 y 2, respectivamente. Se registró también, un 21.9 % (7 participantes), un 6.3 % (2 participantes) y un 3.1 % (1 participante), correspondientes a las puntuaciones de 3, 4 y 5, respectivamente en la E.I. Esto permite afirmar que, una adecuada posición de la región occipital y la región cervical, garantiza una reducción del grado de incomodidad, superior al 75 % para las regiones adyacentes (deltoides y dorsal).

**Brazos.** – Para esta región, el asiento prototipo registró el 100 % (32 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I.; mientras que, el asiento actual, registró un 81.3 % (26 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I. La diferencia de más del 18 % se debe principalmente, porque en el asiento actual los brazos tienden a apoyarse en el respaldo para aliviar la incomodidad generada por la inestabilidad del cuerpo.

**Dorsal.** – En el segundo grado de inclinación, esta región registró para el asiento prototipo un 78.1 % (25 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I.; mientras que, el asiento actual registró una igualdad de 12.5 % (4 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I.; mientras que, para las puntuaciones de 4 y 5 en la E.I., se registró un 56.3 % (18 participantes) y un 18.8 % (6 participantes), respectivamente. Esto permite indicar que, el asiento prototipo mediante la cavidad adecuada para la cifosis dorsal, evita la flexión innecesaria de esta región, reduciendo el grado de incomodidad en más del 70 %.

**Lumbar.** – Para esta región se obtuvo un 53.1 % (17 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., seguido de un 40.6 % (13 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I., todo ello para el caso del asiento prototipo; para el asiento actual, se registró un 25 % (8 participantes), correspondiente a una puntuación de 3 en la E.I., seguido de un 21.9 % (7 participantes) y un 50 % (16 participantes), correspondiente a una

puntuación de 4 y 5 en la E.I., respectivamente. Esto permite afirmar que, el apoyo lumbar del prototipo reduce el grado de incomodidad en más del 50 %, la ausencia del mismo en el asiento actual, genera altos grados de incomodidad en esta región porque no ofrece soporte alguno.

**Glúteos.** - En esta región, el asiento prototipo registró un 93.8 % (30 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., seguido de una igualdad de 3.1 % (1 participante), correspondiente a las puntuaciones de 2 y 3, respectivamente; mientras que, el asiento actual registró un 62.5 % (20 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., seguido de un 25 % (8 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I., a ello se le suma un 9.3 % (3 participantes), correspondiente a la puntuación de 3 en la E.I. Esto permite afirmar que, al disponer de un apoyo lumbar, se evita que el usuario tienda a sentarse más lejos del respaldo, ayudando a una mejor distribución de la presión sobre los glúteos y con ello, reducir el grado de incomodidad, hasta en un 31.3 %.

**Muslos.** – El asiento prototipo registró un 31.3 % (10 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I., seguido de un 59.4 % (19 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I., a ello se le suma un 6.3 % (2 participantes) y un 3.1 % (1 participante), correspondientes a una puntuación de 3 y 4, respectivamente. Para el caso del asiento actual, se registró un 37.5 % (12 participantes), seguido de un 46.9 % (15 participantes), a ello se le suma un 12.5 % (4 participantes) y un 3.1 % (1 participante) correspondientes a las puntuaciones de 3 y 4, respectivamente. Esto permite afirmar que, el grado de comodidad se distribuye mejor en el cojín cuya superficie es completamente lisa, sin ningún elemento que ejerza algún tipo de presión sobre la parte inferior del muslo.

**Poplítea.** – Esta región del cuerpo obtuvo un 90.6 % (29 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., y apenas un 3.1 % (1 participante),



correspondiente a la puntuación de 3 en la E.I.; mientras que, para el asiento actual se registró un 62.5 % (20 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., seguido de 25 % (8 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I., a esto se le suma una igualdad de 6.3 % (2 participante), correspondiente a la puntuación de 3 y 4, respectivamente. Esto permite afirmar que, al no existir la presencia de un apoyo lumbar la profundidad del asiento se vuelve más larga, ejerciendo presión sobre la fosa poplítea, una adecuada profundidad del asiento puede reducir el grado de incomodidad hasta en un 28 %.

**Síntesis.** – En la segunda etapa de inclinación de 118°, para el caso del asiento prototipo, el mayor grado de incomodidad se registró en la región de los muslos, debido a la forma del cojín, esta, describe una pequeña saliente al extremo cercano a la fosa poplítea, la cual ejerce presión sobre la parte inferior de los muslos, para ello, como ya se ha mencionado, la superficie del cojín debe ser completamente lisa. Para el caso del asiento actual, el mayor grado de incomodidad se registró en las regiones: occipital, cervical, deltoides, dorsal, lumbar, glúteos, muslos y poplítea; siendo la cervical y la lumbar, las regiones más afectadas, todo ello, debido a la ausencia de soportes que hacen que el usuario realice esfuerzos suplementarios, para apoyarse sobre el respaldo del asiento.

### **Inclinación a 130°.**

Los resultados de las pruebas de incomodidad registrados para cada región posterior del cuerpo, tanto en el asiento actual como en el asiento prototipo, para un ángulo de inclinación de 130° se muestran en la figura 89.

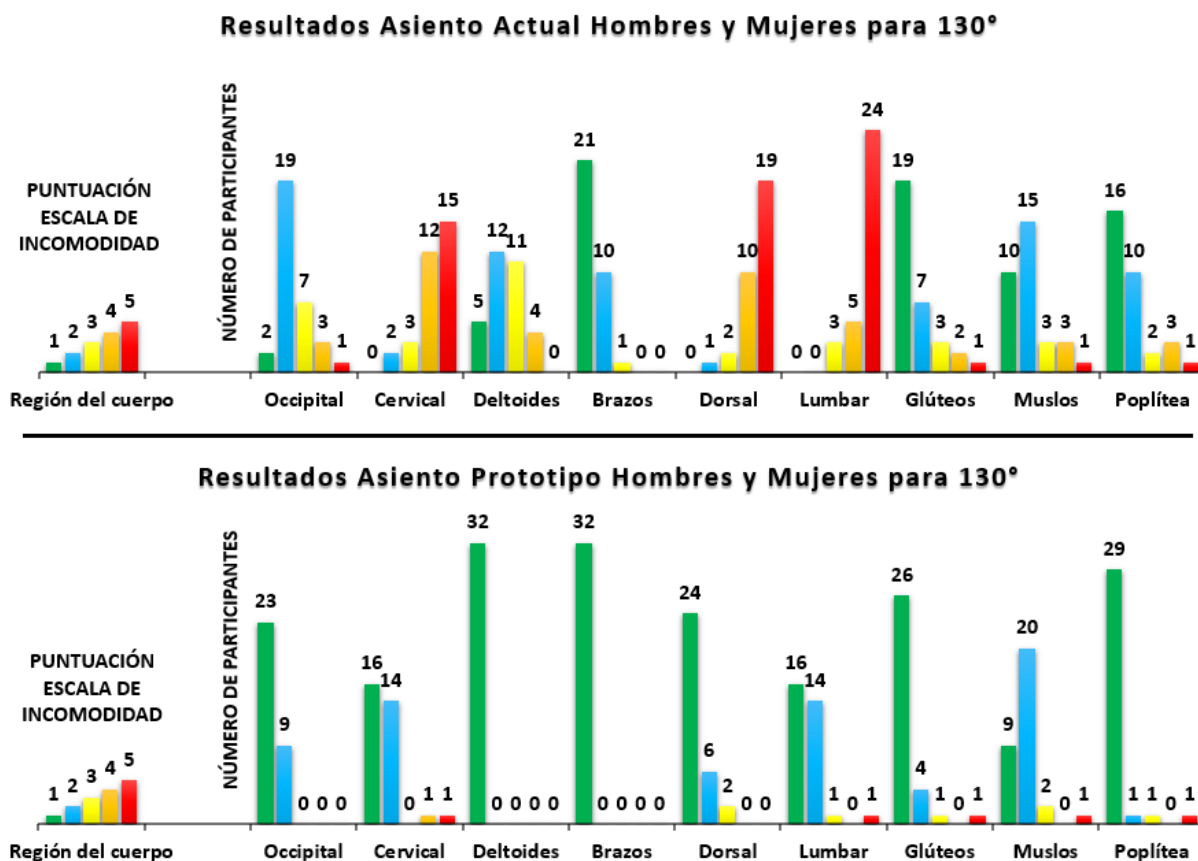


Figura 89. Resultados del grado de incomodidad entre el asiento prototipo y el asiento actual para 130°. Autor, 2018.

**Occipital.** – Para esta región se alcanzó un 71.9 % (23 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la escala de incomodidad (denominada en adelante: E.I.), seguido de un 28.1 % (9 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I., para el asiento prototipo; mientras que, para el asiento actual, se registró un 59.4 % (19 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I., a ello, le sigue un 21.9 % (7 participantes), seguido de un 9.3 % (3 participantes), 3.1 % (1 participantes), correspondientes a las puntuaciones de 3, 4 y 5, respectivamente en la E.I. Esto permite afirmar que, la región occipital se ve seriamente afectada por la flexión realizada por las vértebras cervicales cuando no se dispone de un soporte para estas últimas, puesto que es esta región la que permanece en constante contacto con la superficie del asiento actual. Contar con un soporte ayuda a reducir el grado de incomodidad hasta un 65 %.

**Cervical.** – El grado de incomodidad registrado para esta región fue de 50 % (16 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I., seguido de un 43.8 % (14 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I., para el asiento prototipo; mientras que, para el asiento actual se registró un 6.3 % (2 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I., seguido de una 37.5 % (12 participantes), y un 46.9 % (15 participante), correspondientes a las puntuaciones de 4 y 5, respectivamente en la E.I. Con ello es posible afirmar que, el apoyo cervical reduce significativamente la flexión realizada, cuando no existe un soporte en esta región, reduciendo el grado de incomodidad hasta en un 50 %.

**Deltoides.** – El asiento prototipo registró el 100 % (32 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I, frente, a un 15.6 % (5 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., para el asiento actual, además, se registró un 34.4 % (11 participantes) y un 12.5 % (4 participante), correspondientes a las puntuaciones de 3 y 4, respectivamente. Esto indica que, pese a no haber ningún elemento que ejerza presión sobre esta región, la inestabilidad de las partes adyacentes superiores (cervical y occipital), genera un aumento en el grado de incomodidad, mantener las regiones superior estables puede reducir dicha incomodidad hasta en un 84 %.

**Brazos.** – Al igual que la región anterior, el asiento prototipo registró un 100 % (32 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I.; mientras que, el asiento actual, registró un 65.6 % (21 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., seguido de un 31.2 % (10 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I. Esto permite afirmar que, la región de los brazos tiende a aumentar su grado de incomodidad, mientras exista inestabilidad corporal.

**Dorsal.** – Esta región registró para el asiento prototipo un 75 % (24 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I., seguido de una igualdad de 18.8 % (6 participantes), correspondientes a una puntuación de 2. Por otra parte, el asiento actual, registró un 31.3 % (10 participantes), correspondiente a una puntuación de 4 en la E.I., seguido de un 59.4 % (19 participantes), correspondiente a una puntuación de 5 en la E.I. Esto permite afirmar que, el aumento en el ángulo de inclinación, hace que el usuario aumente su flexión cervical y con ello la ‘lordosis’ de la región dorsal, por la ausencia de un soporte en esta región; dicho soporte permitiría reducir la flexión realizada y por ende el grado de incomodidad hasta un 75 %.

**Lumbar.** – Para el asiento prototipo se registró un 50 % (16 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I., seguido de un 43.8 % (14 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I.; mientras que, para el asiento actual, se registró un 15.6 % (5 participantes), correspondientes a las puntuaciones de 4, seguido de un 75 % (24 participantes), correspondiente a la puntuación de 5 en la E.I. Esto permite afirmar que, el apoyo lumbar, ofrece un soporte sobre esta región, reduciendo el grado de incomodidad en más de un 50 %.

**Glúteos.** - Para el caso del asiento prototipo se registra un 81.3 % (26 participantes), correspondientes a una puntuación de 1 en la E.I.; mientras que el asiento actual, registró un 59.4 % (19 participantes), correspondiente a la puntuación de 1, seguido de un 21.9 % (7 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I., a ello se le suma un 9.3 % (3 participantes), un 6.3 % (2 participantes) y un 3.1 % (1 participante), correspondiente a las puntuaciones de 3, 4 y 5, respectivamente. Esto permite indicar que la estabilidad del cuerpo mejora la distribución del peso corporal, evitando cargar excesivamente, el peso sobre los glúteos, esto permite una reducción en el grado de incomodidad de hasta un 21 %.

**Muslos.** – Para esta región se obtuvo un 28.1 % (9 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I., seguidos de una igualdad de 62.5 % (20 participantes), correspondiente a una puntuación de 2, para el caso del asiento prototipo; por otra parte, el asiento actual, registró 31.2 % (10 participantes), correspondiente a una puntuación de 1, seguido de un 46.9 % (15 participantes), correspondiente a una puntuación de 2 en la E.I., a ello, se le suma una igualdad de 9.3 % (3 participantes), correspondiente a una puntuación de 3 y 4, respectivamente. Esto permite indicar que, la inadecuada postura adoptada por no encontrar una estabilidad mientras se permanece sentado, hace que la distribución del peso corporal tienda a ser soportado por los glúteos y los muslos, generando con ello un aumento en el grado de incomodidad.

**Poplítea.** – Esta región registró un 90.6 % (29 participantes), correspondiente a una puntuación de 1 en la E.I, para el asiento prototipo; mientras que, el asiento actual, registró un 50 % (16 participantes), correspondiente a la puntuación de 1 en la E.I., seguido de un 31.3 % (10 participantes), correspondiente a la puntuación de 2 en la E.I., a ello se le suma un 9.3 % (3 participantes), correspondiente a una puntuación de 4 en la E.I. Con ello es posible afirmar que, la fosa poplítea debería estar cercana al borde extremo del cojín, sin que este último ejerza presión alguna sobre esta región, eso garantiza un adecuado flujo sanguíneo, reduciendo de esta manera el grado de incomodidad.

**Síntesis.** – Durante la tercera etapa de inclinación de 130°, para el asiento prototipo, las principales regiones que registraron el mayor grado de incomodidad fueron: lumbar, glúteos y muslos, estas tres regiones concentran la mayor cantidad del peso corporal, por lo tanto, se conseguiría reducir el grado de incomodidad registrado, adicionando una capa de material más blando, en la superficie del asiento (forro cobertor) que está en contacto con estas regiones. Para el caso del asiento actual, las regiones con el mayor grado de incomodidad fueron: occipital, cervical, dorsal, lumbar, glúteos, muslos y poplítea, de las

cuales, la región cervical, dorsal y lumbar, son las que mayor grado de incomodidad registraron, esto, debido a que estas son las principales regiones del cuerpo, que carecen de soporte alguno en los tipos de asientos actuales, dejando en una completa inestabilidad al cuerpo y aumentando con ello, el grado de incomodidad.

### Resultados de los participantes de mayor y menor estatura.

#### *Participante de mayor estatura correspondiente al asiento actual.*

A continuación, se muestran los resultados registrados por el participante de mayor estatura, donde se detallan las tres etapas de inclinación, con la respectiva puntuación de incomodidad para cada región posterior del cuerpo (figura 90).

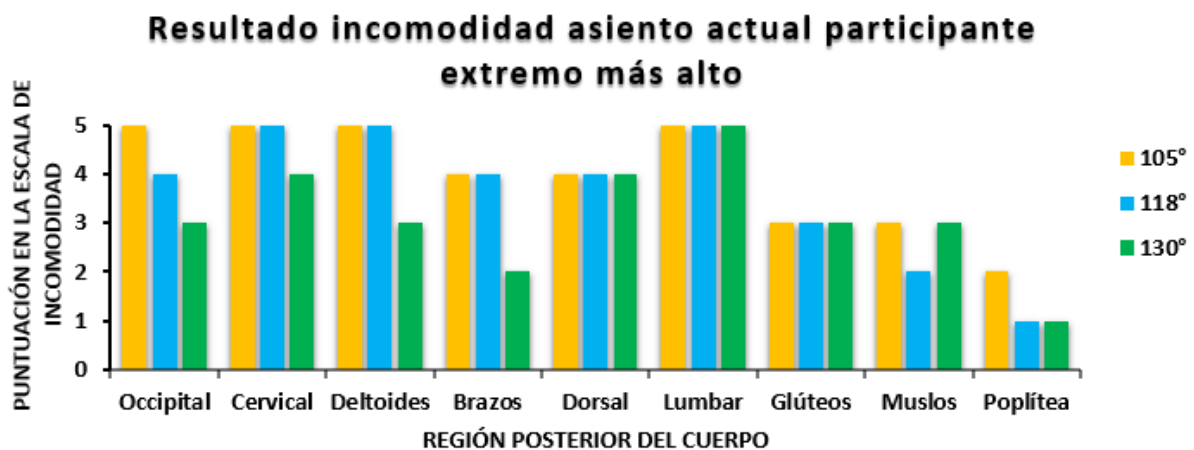


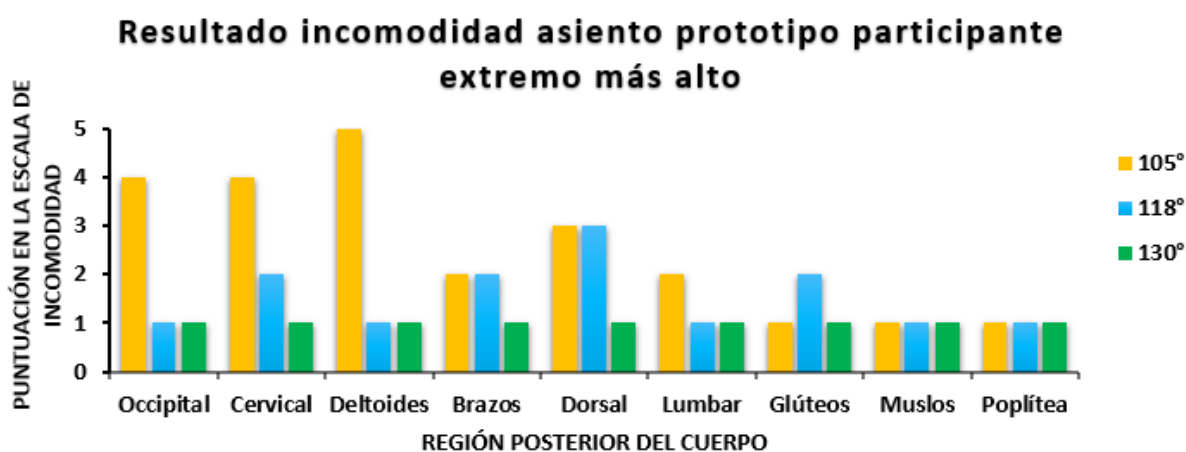
Figura 90. Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más alto en el asiento actual. Autor, 2018.

Los resultados para este participante en el asiento actual, registraron que la región lumbar, obtuvo el mayor grado de incomodidad para las tres etapas de inclinación, con una puntuación de 5 en la E.I., a ello le siguen, las regiones cervical y deltoidea, ambas con una puntuación de 5 en la E.I. para las primeras dos etapas y una puntuación de 4 y 3 en la E.I., respectivamente, para la última etapa. La región lumbar también fue afectada, registrando para las tres etapas una puntuación de 3 en la E.I. Esto permite afirmar que, para el caso del

asiento actual, el ángulo de inclinación no ayuda a reducir el grado de incomodidad, puesto que, no hay soporte alguno que le otorgue estabilidad al cuerpo del usuario.

***Participante de mayor estatura correspondiente al asiento prototipo.***

A continuación, se muestran los resultados registrados por el participante de mayor estatura, donde se detallan las tres etapas de inclinación, con la respectiva puntuación de incomodidad para cada región posterior del cuerpo (figura 91).



*Figura 91.* Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más alto en el asiento prototipo. Autor, 2018.

Los resultados muestran que, para este caso, a mayor ángulo de inclinación, menor grado de incomodidad, teniendo para la primera etapa de 105°, un mayor grado de incomodidad en las regiones: occipital con una puntuación de 4 en la escala de incomodidad (de aquí en adelante denominada E.I.), cervical con una puntuación de 4 en la E.I. y deltoides con una puntuación de 5 en la E.I., todo ello, debido a que el soporte cervical fijo, se ubicó a la altura de la región deltoidea, ejerciendo presión sobre la misma. Para la segunda etapa de inclinación de 118°, el soporte cervical ascendió en relación al participante, reduciendo el grado de incomodidad, registrando para esta etapa: la región dorsal obtuvo una puntuación de 3 en la E.I., seguido por una igualdad entre las regiones cervical, brazos y glúteos, todas ellas con una puntuación de 2 en la E.I. Finalmente, para la última etapa de inclinación de 130°, el

participante de mayor estatura, experimentó el menor grado de incomodidad, registrando para cada región una puntuación de 1 en la E.I. Con ello se concluye que, para el soporte cervical fijo, la solución más práctica por parte de los usuarios de mayor estatura, es reclinar el asiento; de igual manera, la disminución ideal del grado de incomodidad, se conseguiría si el soporte cervical y lumbar, se ubicasen en la posición adecuada del cuerpo del cada usuario, principalmente del primero puesto que, para este caso fue el que mayor conflicto tuvo, haciendo necesario el desarrollo de un soporte cervical regulable verticalmente.

***Participante de menor estatura correspondiente al asiento actual.***

A continuación, se muestran los resultados registrados por el participante de menor estatura, donde se detallan las tres etapas de inclinación, con la respectiva puntuación de incomodidad para cada región posterior del cuerpo (figura 92).

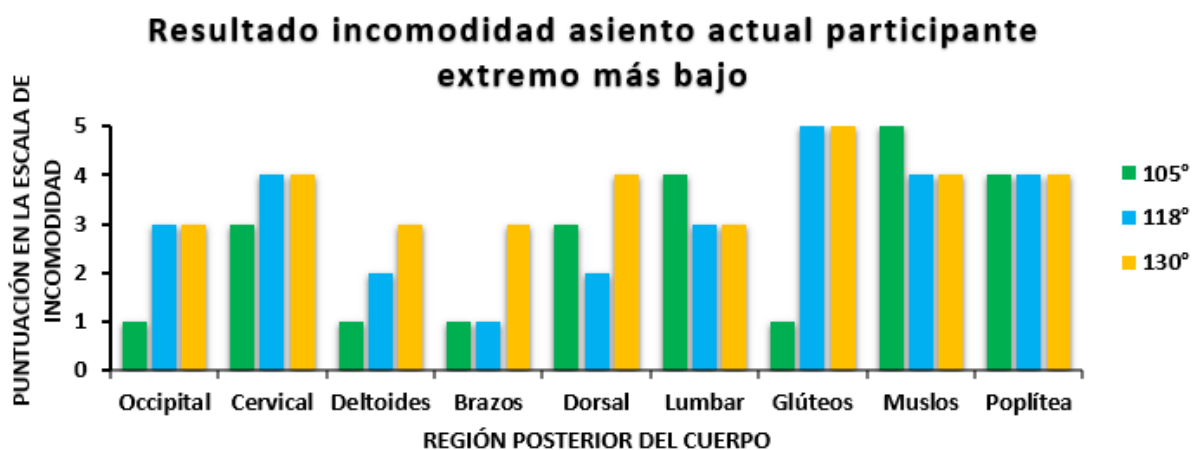


Figura 92. Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más bajo en el asiento actual. Autor, 2018.

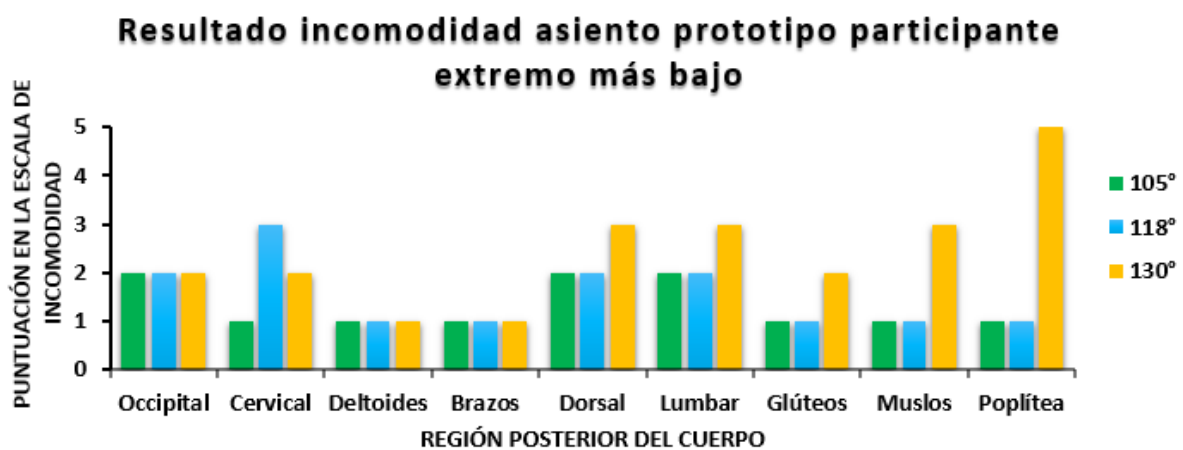
Los resultados para este participante en el asiento actual indican que, el grado de incomodidad aumenta considerablemente a un mayor ángulo de inclinación del respaldo, se obtuvo para la región de glúteos, una puntuación de 4 y 5 en la E.I., para la segunda y tercera etapa respectivamente; por otra parte, la región de muslos y poplítea, registró para la primera etapa respectivamente; para la segunda y tercera etapa una puntuación de 5 y 4 en la E.I., respectivamente; mientras que, para la segunda y



tercera etapa se registró una igualdad para estas regiones, con una puntuación de 4 en la E.I., a ello le sigue el grado de incomodidad de las regiones cervical, dorsal y lumbar. Esto permite afirmar que, en el asiento actual, las personas de baja estatura evitan reclinar el respaldo del asiento porque les conlleva a realizar una mayor flexión cervical, generando inestabilidad en el resto de regiones, lo que con el tiempo aumenta el grado de incomodidad; de igual manera, al no tener un soporte lumbar, la profundidad del asiento se incrementa, ejerciendo presión sobre la fosa poplítea y con ello interrumpiendo el normal flujo sanguíneo.

***Participante de menor estatura correspondiente al asiento prototipo.***

A continuación, se muestran los resultados registrados por el participante de menor estatura, donde se detallan las tres etapas de inclinación, con la respectiva puntuación de incomodidad para cada región posterior del cuerpo (figura 93).



*Figura 93.* Resultados de la escala de incomodidad para las tres etapas de inclinación, correspondientes al participante más bajo en el asiento prototipo. Autor, 2018.

Los resultados para este participante en el asiento prototipo reflejan que, el grado de incomodidad tiende a mantenerse entre una puntuación de 1 y 2 en la escala de incomodidad (denominada de aquí en adelante E.I.), con excepción de que la región más afectada para este caso, fue la fosa poplítea, la cual registró una puntuación de 5 en la E.I., para la tercera etapa de inclinación; durante esta última, se registró también una igualdad, con una puntuación de 3

en la E.I. para las regiones dorsal, lumbar y muslos. Con ello, es posible afirmar que, pese a que el soporte cervical no se ubicó en esta región, para este participante, se convirtió en un soporte craneal, evitando con ello la inadecuada flexión de las vértebras cervicales, por tal motivo no se registra un aumento en el grado de incomodidad para las regiones superiores.

### **Distribución de la fuerza ejercida por las regiones posteriores del cuerpo**

Los resultados obtenidos mediante el medidor digital de fuerza de empuje para los 32 participantes sobre el asiento prototipo de prueba en las cinco regiones posteriores del cuerpo, son mostrados en la tabla 17.

Tabla 17  
*Resumen estadístico de la distribución de fuerza ejercida por las cinco regiones posteriores del cuerpo*

<b>Región del cuerpo</b>	<b>Agujero</b>	<b>Media (N)</b>	<b>D. E.</b>
Cervical	1	15.063	2.067
Dorsal 1	1	20.903	3.401
Dorsal 2	2	20.908	3.725
Lumbar 1	1	16.293	3.011
Lumbar 2	2	16.031	2.978
Glúteo 1	1	25.398	2.225
Glúteo 2	2	25.233	2.192
Muslo 1	1	16.767	1.704
Muslo 2	2	16.878	1.681

*Nota:* Autor, 2018.

De esta manera es posible afirmar que, para la parte superior del cuerpo posterior, la región dorsal, es la región que ejerce mayor fuerza sobre la respectiva superficie del asiento, existiendo una mínima diferencia del 0.6 % entre el lado derecho e izquierdo de esta región, le sigue la región lumbar, con una diferencia del 1.7 % entre el lado derecho e izquierdo de la misma, y finalmente está la región cervical, la cual registró el menor valor de fuerza ejercida. Por otro lado, para la parte inferior del cuerpo posterior, se registró una diferencia del 21.8 %

entre los valores de fuerza ejercidos por los muslos y glúteos, siendo estos últimos los que mayor fuerza ejercen sobre la respectiva superficie del asiento.

Con ello, es posible concluir que las regiones dorsal y glúteos, soportan una mayor presión, debido a que sobre estas regiones se apoya la mayor cantidad de peso tanto en la parte superior como inferior del cuerpo, respectivamente; mientras que la región cervical y muslos soportan una menor presión. En la figura 94, se muestra la distribución de la fuerza ejercida por las cinco regiones del mapa posterior de cuerpo.

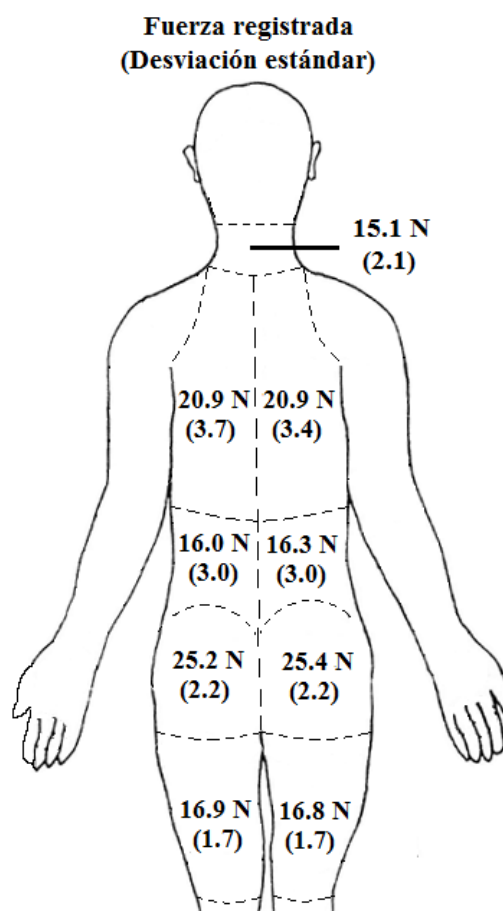


Figura 94. Resultados de la distribución de la fuerza ejercida por las cinco regiones del cuerpo. Autor, 2018.

A continuación, se muestran los resultados estadísticos obtenidos tras las lecturas realizadas a los tres tipos de asientos (actual, prototipo de prueba y prototipo final), detallando cada una de las cinco regiones: cervical, dorsal, lumbar, glúteos y muslos; todas ellas, realizadas con ayuda del participante extremo más alto.

**Región cervical.** \_ El resumen estadístico de la región cervical es mostrado en la tabla 18.

Tabla 18  
*Resumen estadístico de la región cervical*

<b>Asiento</b>	<b>Media (N)</b>	<b>D. E.</b>
Actual	20.22	0.38
Prototipo de Prueba	15.86	0.27
Prototipo Final	13.98	0.26

*Nota:* Autor, 2018.

La tabla ANOVA (tabla 19) descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. Puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las tres variables (asiento actual, prototipo de prueba y prototipo final) con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla 19  
*Tabla ANOVA región cervical*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	102.469	51.235	535.55	0.0000
Intra grupos	1.148	0.096	-	-

*Nota:* Autor, 2018.

Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realizó la prueba de Múltiples Rangos. En la tabla 20, se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. Como previamente se mencionó, el método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LDS) de Fisher, teniendo un riesgo del 5 % al indicar que cada par de medias es significativamente diferente, cuando su diferencia real es igual a cero.

Tabla 20  
Prueba de Múltiples Rangos A región cervical

Asiento	Media (N)	Grupos Homogéneos
Prototipo Final	13.98	X
Prototipo de Prueba	15.86	X
Actual	20.22	X

Nota: Autor, 2018.

La prueba de Múltiples Rangos aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los tres pares contrastados, indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95 % de confianza. Todo ello, se muestra en la tabla 21.

Tabla 21  
Prueba de Múltiples Rangos B región cervical

Contraste	Sig.	Diferencia
A. Actual - A. Prototipo de prueba	*	4.36
A. Actual - A. Prototipo final	*	6.24
A. Prototipo de prueba - A. Prototipo final	*	1.88

Nota: Autor, 2018.

El resumen estadístico de toda la información antes descrita para esta región, es mostrado en la figura 95. Para el caso que se está analizando es preciso resaltar la obtención de una diferencia estadísticamente significativa, puesto que ello refleja una reducción en la fuerza ejercida, en este caso por la región cervical, sobre cada tipo de asiento; teniendo así, la mayor diferencia significativa entre el asiento actual versus el asiento prototipo final (6.24) y la menor diferencia significativa entre el asiento prototipo de prueba versus el asiento prototipo final (1.88). La reducción de la fuerza ejercida en relación al tipo de asiento, indica una mejor distribución de la misma, gracias a que las superficies en contacto son mayores. Según los resultados, es posible afirmar que el asiento prototipo final es el mejor de los tres.

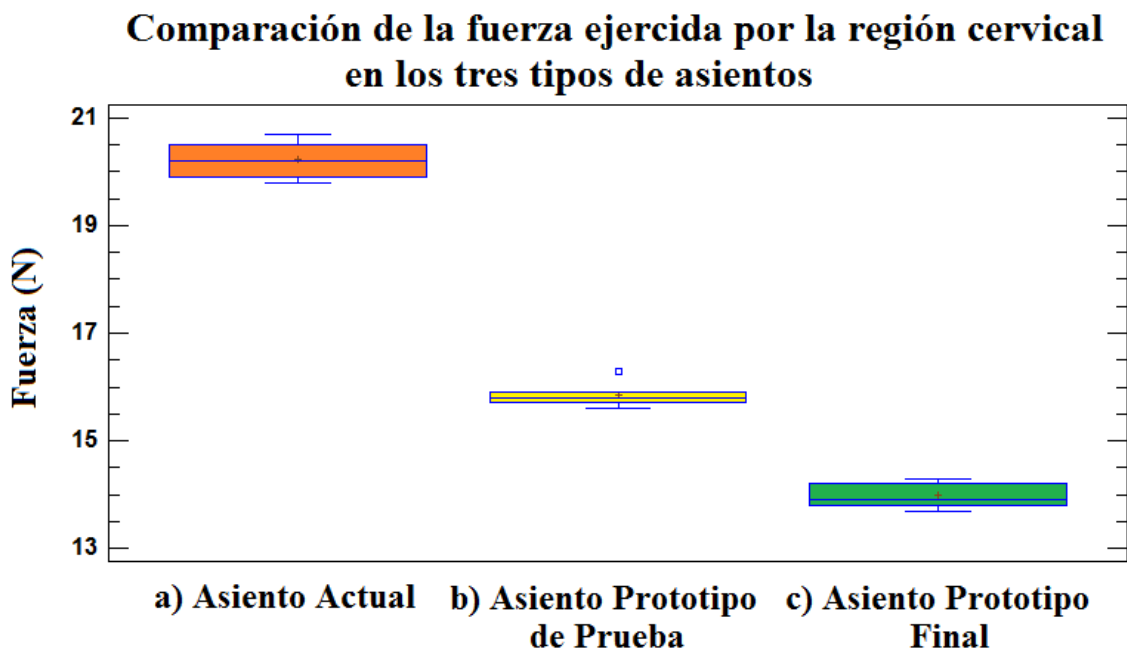


Figura 95. Fuerza ejercida por la región cervical en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c). Autor, 2018.

**Región dorsal.** \_ El resumen estadístico de la región dorsal es mostrado en la tabla 22.

Tabla 22  
Resumen estadístico de la región dorsal

Asiento	Región	Media (N)	D. E.
Actual	Dorsal 1	25.24	0.48
	Dorsal 2	25.14	0.30
Prototipo de Prueba	Dorsal 1	22.26	0.81
	Dorsal 2	22.46	0.72
Prototipo Final	Dorsal 1	20.14	0.30
	Dorsal 2	20.04	0.24

Nota: Autor, 2018.

Los resultados de la tabla ANOVA (tabla 23) muestran que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las seis variables, puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla 23  
Tabla ANOVA región dorsal

Fuente	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	130.723	26.145	94.61	0.0000
Intra grupos	6.632	0.276	-	-

Nota: Autor, 2018.

En la tabla 24, se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, para este caso, se comparó la región dorsal 1 y 2 (lado derecho e izquierdo respectivamente) entre los tres tipos de asientos, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa entre estos últimos. Entre los niveles que comparten la misma columna de las X's no existe diferencia estadísticamente significativa; es decir, para este caso no debería existir diferencia significativa entre el lado derecho e izquierdo de esta región.

Tabla 24  
*Prueba de Múltiples Rangos A región dorsal*

Asiento	Región	Media (N)	Grupos Homogéneos
Prototipo Final	Dorsal 2	20.04	X
	Dorsal 1	20.14	X
Prototipo de Prueba	Dorsal 1	22.26	X
	Dorsal 2	22.46	X
Actual	Dorsal 2	25.14	X
	Dorsal 1	25.24	X

*Nota:* Autor, 2018.

En la tabla 25 se muestra el contraste realizado entre las distintas variables, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa al comparar un tipo de asiento con otro; sin embargo, como se puede apreciar, existió ausencia de diferencia significativa al comparar las variables de un mismo asiento.

Tabla 25  
*Prueba de Múltiples Rangos B región dorsal*

Contraste	Sig.	Diferencia
A. Actual Dorsal 1 - A. Actual Dorsal 2		0.1
A. Actual Dorsal 1 - A. P. Prueba Dorsal 1	*	2.98
A. Actual Dorsal 1 - A. P. Prueba Dorsal 2	*	2.78
A. Actual Dorsal 1 - A. P. Final Dorsal 1	*	5.1
A. Actual Dorsal 1 - A. P. Final Dorsal 2	*	5.2
A. Actual Dorsal 2 - A. P. Prueba Dorsal 1	*	2.88
A. Actual Dorsal 2 - A. P. Prueba Dorsal 2	*	2.68
A. Actual Dorsal 2 - A. P. Final Dorsal 1	*	5.0
A. Actual Dorsal 2 - A. P. Final Dorsal 2	*	5.1
A. P. Prueba Dorsal 1 - A. P. Prueba Dorsal 2		0.2

A. P. Prueba Dorsal 1 - A. P. Final Dorsal 1	*	2.12
A. P. Prueba Dorsal 1 - A. P. Final Dorsal 2	*	2.22
A. P. Prueba Dorsal 2 - A. P. Final Dorsal 1	*	2.32
A. P. Prueba Dorsal 2 - A. P. Final Dorsal 2	*	2.43
A. P. Final Dorsal 1 - A. P. Final Dorsal 2		0.1

*Nota:* Autor, 2018.

El resumen estadístico de toda la información antes descrita para esta región, es mostrado en la figura 96. Para esta región, es preciso indicar que la diferencia estadísticamente significativa, existe al comparar los tres tipos de asientos, mas no, al realizar una comparación entre las variables del mismo asiento. Al igual que el caso anterior, el asiento prototipo final fue el mejor, registrando la mayor diferencia significativa entre el asiento actual versus el asiento prototipo final ( $> 5$ ) y la menor diferencia significativa entre el asiento prototipo de prueba versus el asiento prototipo final ( $< 2.3$ ); de igual manera, es posible indicar que una mayor superficie de contacto entre el usuario y el asiento conlleva a disminuir la fuerza ejercida por el primero sobre este último, mejorando notablemente su comodidad.

### Comparación de la fuerza ejercida por la región dorsal en los tres tipos de asientos

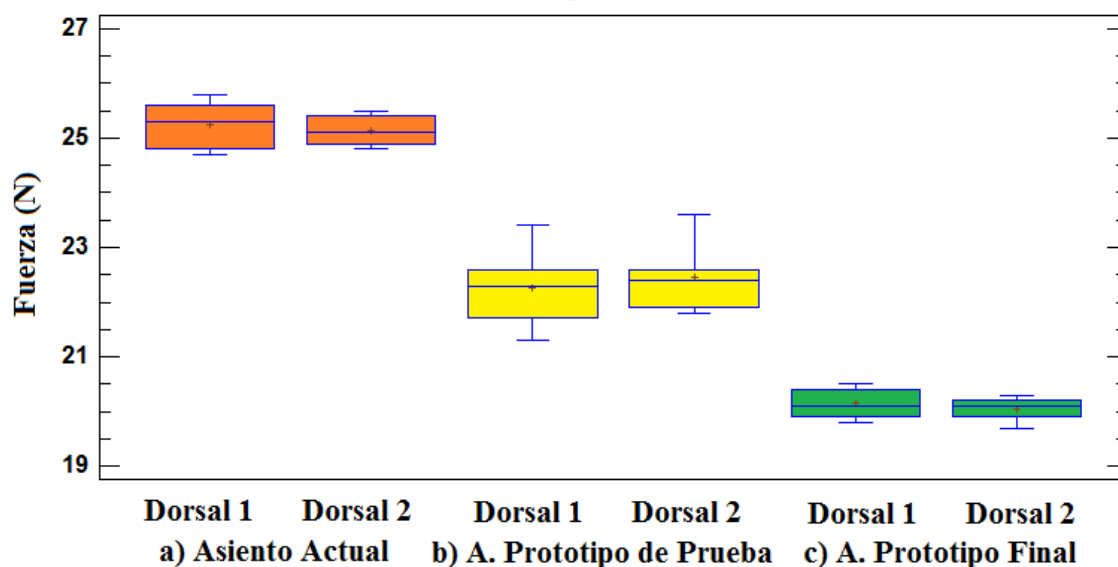


Figura 96. Fuerza ejercida por la región dorsal en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c). Autor, 2018.



**Región lumbar.** \_ El resumen estadístico de la región lumbar es mostrado en la tabla 26.

Tabla 26  
*Resumen estadístico de la región lumbar*

<b>Asiento</b>	<b>Región</b>	<b>Media (N)</b>	<b>D. E.</b>
Actual	Lumbar 1	22.16	0.43
	Lumbar 2	22.04	0.44
Prototipo de Prueba	Lumbar 1	17.78	0.63
	Lumbar 2	17.9	0.41
Prototipo Final	Lumbar 1	15.9	0.22
	Lumbar 2	15.94	0.21

*Nota:* Autor, 2018.

Los resultados de la tabla ANOVA (tabla 27) muestran que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las seis variables, puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla 27  
*Tabla ANOVA región lumbar*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	200.164	40.033	231.85	0.0000
Intra grupos	4.144	0.173	-	-

*Nota:* Autor, 2018.

En la tabla 28, se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, para este caso, se comparó la región lumbar 1 y 2 entre los tres tipos de asientos, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa entre estos últimos. Entre los niveles que comparten la misma columna de las X's no existe diferencia estadísticamente significativa; es decir, para este caso no debería existir diferencia significativa entre el lado derecho e izquierdo de esta región.

Tabla 28  
Prueba de Múltiples Rangos A región lumbar

Asiento	Región	Media (N)	Grupos Homogéneos
Prototipo Final	Lumbar 2	15.9	X
	Lumbar 1	15.94	X
Prototipo de Prueba	Lumbar 1	17.78	X
	Lumbar 2	17.9	X
Actual	Lumbar 2	22.04	X
	Lumbar 1	22.16	X

Nota: Autor, 2018.

En la tabla 29 se muestra el contraste realizado entre las distintas variables, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa al comparar un tipo de asiento con otro; sin embargo, como se puede apreciar, existió ausencia de diferencia significativa al comparar las variables de un mismo asiento.

Tabla 29  
Prueba de Múltiples Rangos B región lumbar

Contraste	Sig.	Diferencia
A. Actual Lumbar 1 - A. Actual Lumbar 2		0.12
A. Actual Lumbar 1 - A. P. Prueba Lumbar 1	*	4.38
A. Actual Lumbar 1 - A. P. Prueba Lumbar 2	*	4.26
A. Actual Lumbar 1 - A. P. Final Lumbar 1	*	6.26
A. Actual Lumbar 1 - A. P. Final Lumbar 2	*	6.22
A. Actual Lumbar 2 - A. P. Prueba Lumbar 1	*	4.26
A. Actual Lumbar 2 - A. P. Prueba Lumbar 2	*	4.14
A. Actual Lumbar 2 - A. P. Final Lumbar 1	*	6.14
A. Actual Lumbar 2 - A. P. Final Lumbar 2	*	6.1
A. P. Prueba Lumbar 1 - A. P. Prueba Lumbar 2		0.12
A. P. Prueba Lumbar 1 - A. P. Final Lumbar 1	*	1.88
A. P. Prueba Lumbar 1 - A. P. Final Lumbar 2	*	1.84
A. P. Prueba Lumbar 2 - A. P. Final Lumbar 1	*	2.0
A. P. Prueba Lumbar 2 - A. P. Final Lumbar 2	*	1.96
A. P. Final Lumbar 1 - A. P. Final Lumbar 2		0.04

Nota: Autor, 2018.

El resumen estadístico de toda la información antes descrita para esta región, es mostrado en la figura 97. Para esta región, es preciso indicar que la diferencia

estadísticamente significativa, existe al comparar los tres tipos de asientos, mas no, al realizar una comparación entre las variables del mismo asiento. Al igual que el caso anterior, el asiento prototipo final fue el mejor, registrando la mayor diferencia significativa entre el asiento actual versus el asiento prototipo final ( $> 6$ ) y la menor diferencia significativa entre el asiento prototipo de prueba versus el asiento prototipo final ( $< 1.9$ ); de igual manera, es posible indicar que una mayor superficie de contacto entre el usuario y el asiento conlleva a disminuir la fuerza ejercida por el primero sobre este último, mejorando notablemente su comodidad.

### Comparación de la fuerza ejercida por la región lumbar en los tres tipos de asientos

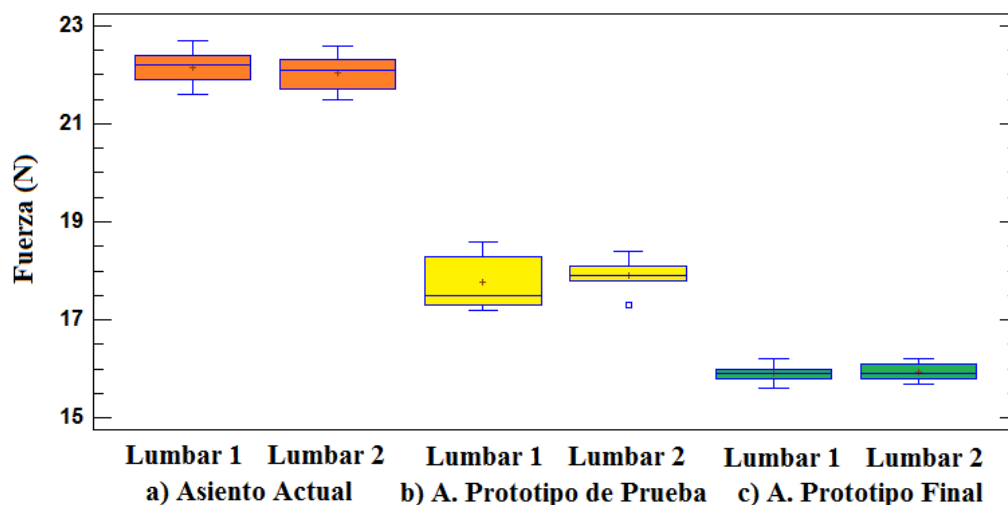


Figura 97. Fuerza ejercida por la región lumbar en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c). Autor, 2018.

**Región de glúteos.** \_ El resumen estadístico de los glúteos es mostrado en la tabla 30.

Tabla 30  
Resumen estadístico de los glúteos

Asiento	Región	Media (N)	D. E.
Actual	Glúteo 1	27.88	0.41
	Glúteo 2	27.92	0.29
Prototipo de Prueba	Glúteo 1	26.5	0.25
	Glúteo 2	26.36	0.48
Prototipo Final	Glúteo 1	24.7	0.31
	Glúteo 2	24.76	0.27

Nota: Autor, 2018.

Los resultados de la tabla ANOVA (tabla 31) muestran que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las seis variables, puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla 31  
*Tabla ANOVA glúteos*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	50.395	10.079	83.99	0.0000
Intra grupos	2.88	0.12	-	-

*Nota:* Autor, 2018.

En la tabla 32, se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, para este caso, se comparó el glúteo 1 y 2 entre los tres tipos de asientos, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa entre estos últimos. Entre los niveles que comparten la misma columna de las X's no existe diferencia estadísticamente significativa; es decir, para este caso no debería existir diferencia significativa entre el lado derecho e izquierdo de esta región.

Tabla 32  
*Prueba de Múltiples Rangos A glúteos*

<b>Asiento</b>	<b>Región</b>	<b>Media (N)</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
Prototipo Final	Glúteo 1	24.7	X
	Glúteo 2	24.76	X
Prototipo de Prueba	Glúteo 2	26.36	X
	Glúteo 1	26.5	X
Actual	Glúteo 1	27.88	X
	Glúteo 2	27.92	X

*Nota:* Autor, 2018.

En la tabla 33 se muestra el contraste realizado entre las distintas variables, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa al comparar un tipo de asiento con otro; sin embargo, como se puede apreciar, existió ausencia de diferencia significativa al comparar las variables de un mismo asiento.

Tabla 33  
*Prueba de Múltiples Rangos B glúteos*

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>
A. Actual Glúteo 1 - A. Actual Glúteo 2		0.04
A. Actual Glúteo 1 - A. P. Prueba Glúteo 1	*	1.38
A. Actual Glúteo 1 - A. P. Prueba Glúteo 2	*	1.52
A. Actual Glúteo 1 - A. P. Final Glúteo 1	*	3.18
A. Actual Glúteo 1 - A. P. Final Glúteo 2	*	3.12
A. Actual Glúteo 2 - A. P. Prueba Glúteo 1	*	1.42
A. Actual Glúteo 2 - A. P. Prueba Glúteo 2	*	1.56
A. Actual Glúteo 2 - A. P. Final Glúteo 1	*	3.22
A. Actual Glúteo 2 - A. P. Final Glúteo 2	*	3.16
A. P. Prueba Glúteo 1 - A. P. Prueba Glúteo 2		0.14
A. P. Prueba Glúteo 1 - A. P. Final Glúteo 1	*	1.8
A. P. Prueba Glúteo 1 - A. P. Final Glúteo 2	*	1.74
A. P. Prueba Glúteo 2 - A. P. Final Glúteo 1	*	1.66
A. P. Prueba Glúteo 2 - A. P. Final Glúteo 2	*	1.6
A. P. Final Glúteo 1 - A. P. Final Glúteo 2		0.06

*Nota:* Autor, 2018.

El resumen estadístico de toda la información antes descrita para esta región, es mostrado en la figura 98. Para esta región, es preciso indicar que la diferencia estadísticamente significativa, existe al comparar los tres tipos de asientos, mas no, al realizar una comparación entre las variables del mismo asiento. Al igual que el caso anterior, el asiento prototipo final fue el mejor, registrando la mayor diferencia significativa entre el asiento actual versus el asiento prototipo final ( $> 3.2$ ) y la menor diferencia significativa entre el asiento prototipo de prueba versus el asiento prototipo final ( $< 1.6$ ); de igual manera, es posible indicar que una mayor superficie de contacto entre el usuario y el asiento conlleva a disminuir la fuerza ejercida por el primero sobre este último, mejorando notablemente su comodidad.

### Comparación de la fuerza ejercida por los glúteos en los tres tipos de asientos

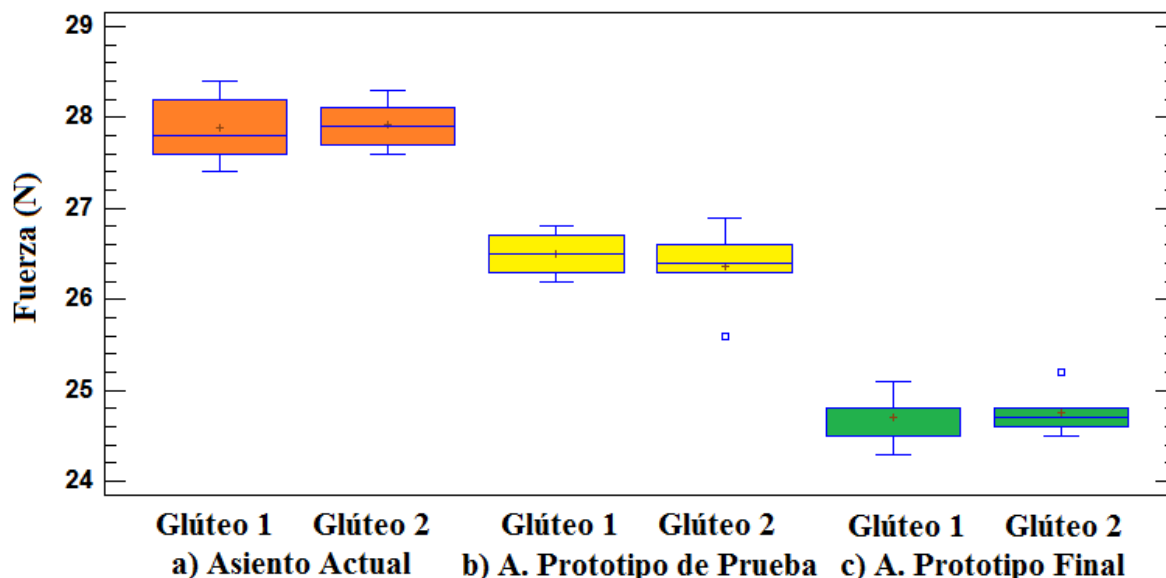


Figura 98. Fuerza ejercida por los glúteos en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c). Autor, 2018.

**Región de muslos.** \_ El resumen estadístico de los muslos es mostrado en la tabla 34.

Tabla 34  
Resumen estadístico de los muslos

Asiento	Región	Media (N)	D. E.
Actual	Muslo 1	17.88	0.31
	Muslo 2	17.92	0.31
Prototipo de Prueba	Muslo 1	16.72	0.38
	Muslo 2	16.54	0.48
Prototipo Final	Muslo 1	14.82	0.19
	Muslo 2	14.7	0.34

Nota: Autor, 2018.

Los resultados de la tabla ANOVA (tabla 35) muestran que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las seis variables, puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla 35  
 Tabla ANOVA muslos

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	50.019	10.004	83.25	0.0000
Intra grupos	2.884	0.12	-	-

*Nota:* Autor, 2018.

En la tabla 36, se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, para este caso, se comparó el muslo 1 y 2 entre los tres tipos de asientos, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa entre estos últimos.

Entre los niveles que comparten la misma columna de las X's no existe diferencia estadísticamente significativa; es decir, para este caso no debería existir diferencia significativa entre el lado derecho e izquierdo de esta región.

Tabla 36  
 Prueba de Múltiples Rangos A muslos

<b>Asiento</b>	<b>Región</b>	<b>Media (N)</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
Prototipo Final	Muslo 2	14.7	X
	Muslo 1	14.82	X
Prototipo de Prueba	Muslo 2	16.54	X
	Muslo 1	16.72	X
Actual	Muslo 1	17.88	X
	Muslo 2	17.92	X

*Nota:* Autor, 2018.

En la tabla 37 se muestra el contraste realizado entre las distintas variables, consiguiendo una diferencia estadísticamente significativa al comparar un tipo de asiento con otro; sin embargo, como se puede apreciar, existió ausencia de diferencia significativa al comparar las variables de un mismo asiento.

Tabla 37  
Prueba de Múltiples Rangos B muslos

Contraste	Sig.	Diferencia
A. Actual Muslo 1 - A. Actual Muslo 2		0.04
A. Actual Muslo 1 - A. P. Prueba Muslo 1	*	1.16
A. Actual Muslo 1 - A. P. Prueba Muslo 2	*	1.34
A. Actual Muslo 1 - A. P. Final Muslo 1	*	3.06
A. Actual Muslo 1 - A. P. Final Muslo 2	*	3.18
A. Actual Muslo 2 - A. P. Prueba Muslo 1	*	1.2
A. Actual Muslo 2 - A. P. Prueba Muslo 2	*	1.38
A. Actual Muslo 2 - A. P. Final Muslo 1	*	3.1
A. Actual Muslo 2 - A. P. Final Muslo 2	*	3.22
A. P. Prueba Muslo 1 - A. P. Prueba Muslo 2		0.18
A. P. Prueba Muslo 1 - A. P. Final Muslo 1	*	1.9
A. P. Prueba Muslo 1 - A. P. Final Muslo 2	*	2.02
A. P. Prueba Muslo 2 - A. P. Final Muslo 1	*	1.72
A. P. Prueba Muslo 2 - A. P. Final Muslo 2	*	1.84
A. P. Final Muslo 1 - A. P. Final Muslo 2		0.12

Nota: Autor, 2018.

El resumen estadístico de toda la información antes descrita para esta región, es mostrado en la figura 99. Para esta región, es preciso indicar que la diferencia estadísticamente significativa, existe al comparar los tres tipos de asientos, mas no, al realizar una comparación entre las variables del mismo asiento.

Al igual que el caso anterior, el asiento prototipo final fue el mejor, registrando la mayor diferencia significativa entre el asiento actual versus el asiento prototipo final ( $> 3.2$ ) y la menor diferencia significativa entre el asiento prototipo de prueba versus el asiento prototipo final ( $< 1.6$ ); de igual manera, es posible indicar que una mayor superficie de contacto entre el usuario y el asiento conlleva a disminuir la fuerza ejercida por el primero sobre este último, mejorando notablemente su comodidad.



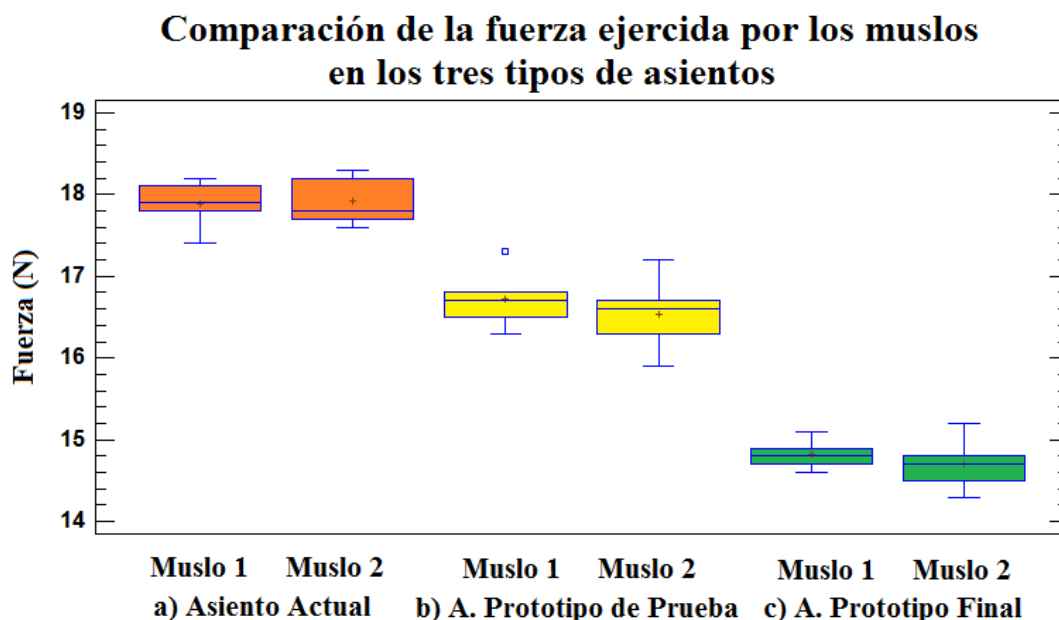


Figura 99. Fuerza ejercida por los muslos en los asientos: actual (a), prueba (b) y final (c). Autor, 2018.

En la figura 100 se muestra la distribución de la fuerza ejercida por las cinco regiones posteriores del cuerpo, registrada por el medidor digital de fuerza de empuje sobre los tres tipos de asientos analizados en este estudio (actual, prototipo de prueba y prototipo final).

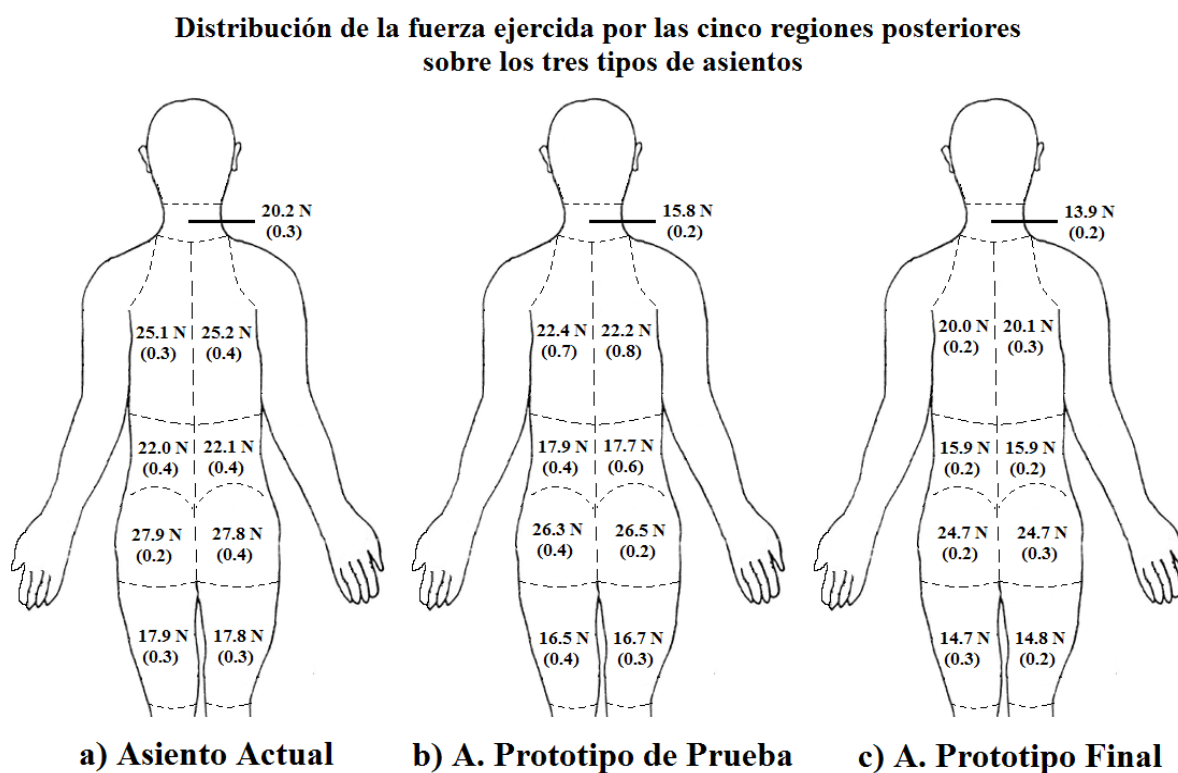


Figura 100. Distribución de la fuerza ejercida por las 5 regiones posteriores según el registro del medidor digital de fuerza de empuje sobre los tres tipos de asientos (a, b, c). Fuerza en N (arriba) y D.E. (abajo). Autor, 2018.

**Distribución de la presión generada por los tres tipos de asientos en base a la simulación**

En la figura 101 se muestran los resultados obtenidos con los tres tipos de respaldos en base a las simulaciones realizadas.

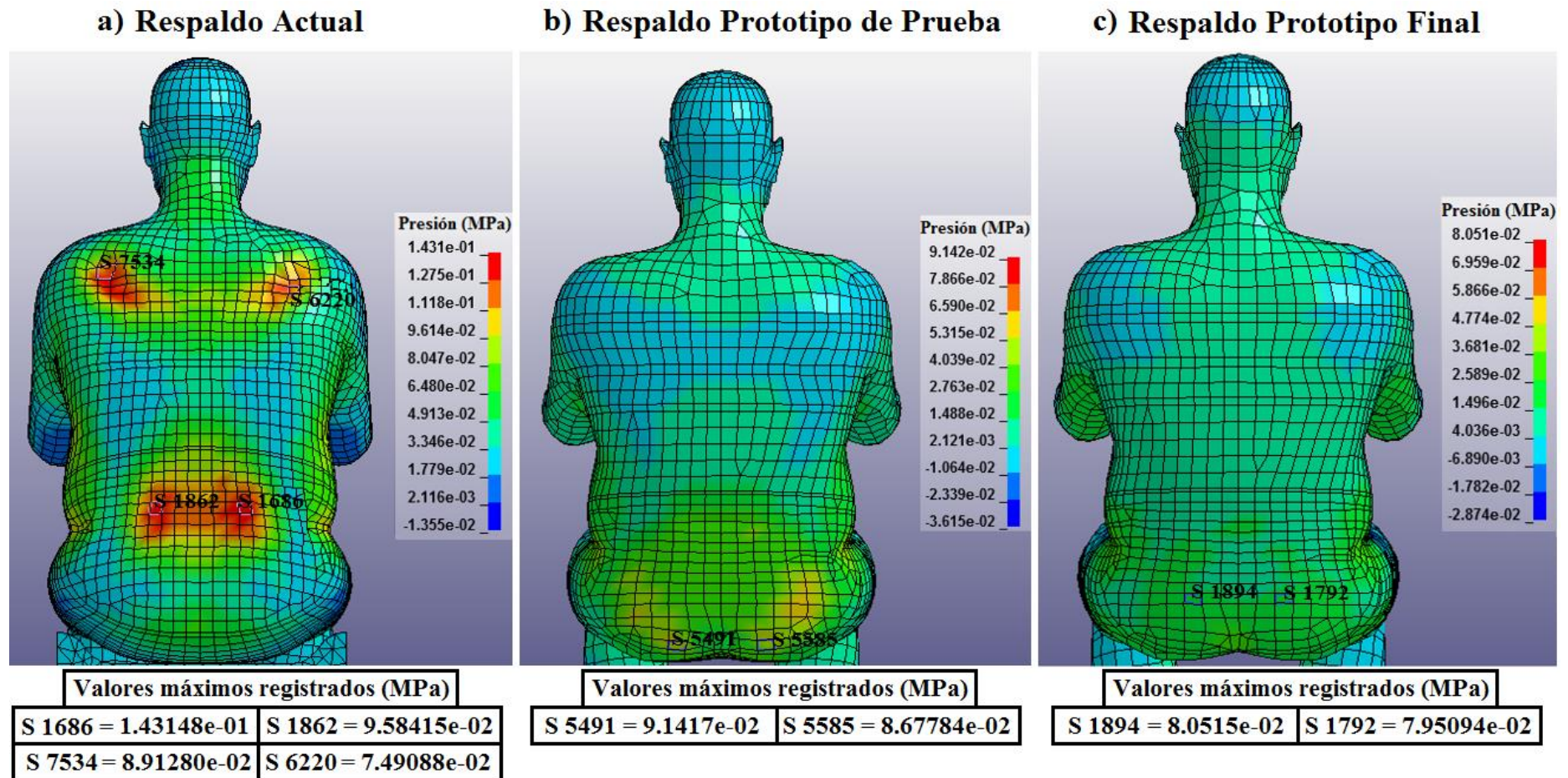


Figura 101. Distribución de la presión generada por los tres tipos de respaldos (a, b, c) en la región posterior superior. Autor, 2018.

La distribución de presión registrada en la parte posterior superior comprende las regiones cervical, dorsal y lumbar. Para el caso del respaldo actual (figura 101, a), la región dorsal inferior registró la mayor presión ejercida ( $1.431e-01$  MPa), seguida de la región dorsal superior la cual registró la segunda mayor presión ( $8.913e-02$  MPa). El respaldo del prototipo de prueba (figura 101, b) registró su máxima presión ( $9.147e-02$  MPa) a nivel de la región sacra, siendo esta menor que el caso anterior. Finalmente, el respaldo de prototipo final (figura 101, c) registró su máxima presión ( $8.052e-02$  MPa) en la región lumbo-sacra, siendo esta la menor de los tres casos.

En el caso de la figura 101, a (respaldo actual), la ausencia de soportes para las regiones cervical y lumbar, hace que la mayor parte de la presión ejercida sea soportada por la región dorsal; con ello, al establecer estabilidad corporal, se ejercen mayores presiones en los extremos de dicha región; por otra parte, la distribución de presión registrada en las figuras 101, b y c (respaldos del prototipo de prueba y final respectivamente) se reduce notablemente, debido a que estos respaldos integran los soportes cervical y lumbar, permitiendo con ello que una mayor área de la espalda entre en contacto con el respaldo, permitiendo con ello alcanzar la estabilidad corporal sin tener que realizar esfuerzos adicionales para conseguirlo.

En la figura 102 se muestran los resultados obtenidos con los tres tipos de cojines en base a las simulaciones realizadas. Es posible apreciar la distribución de presión generada sobre las regiones de glúteos y muslos en tres apartados. Para el caso del cojín actual (figura 102, a), la zona de glúteos registró la mayor presión ( $2.9e-01$  MPa) en relación a los restantes.

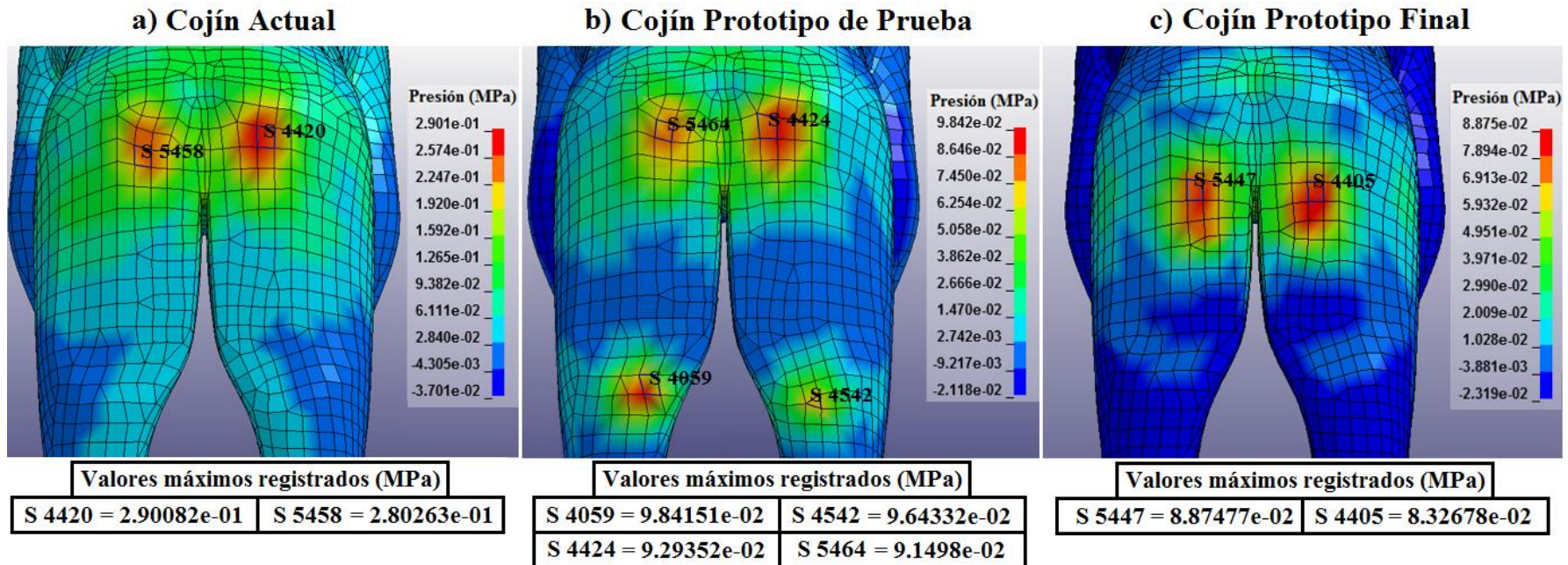


Figura 102. Distribución de la presión generada por los tres tipos de cojines (a, b, c) en la región posterior inferior. Autor, 2018.

El cojín del prototipo de prueba (figura 102, b), registró una presión menor al anterior en la zona de glúteos ( $9.29352 \times 10^{-2}$  MPa), pero debido a una protuberancia que este cojín tuvo en la parte frontal, se registró una presión de  $9.842 \times 10^{-2}$  MPa en los muslos. Finalmente, para el cojín del prototipo final (figura 102, c), se registró la menor presión ( $8.875 \times 10^{-2}$  MPa) en relación a los anteriores. Las ondas de presión registradas en el mapa de la figura 102, c (cojín prototipo final), muestran una mejor distribución de la presión ejercida, debido a que la forma de este cojín permite que una mayor área de la región inferior entre en contacto con este último; esto, permite distribuir la presión entre un área más grande, reduciendo con ello, la presión soportada por las tuberosidades isquiáticas ubicadas a la altura de la zona de los glúteos.

## Discusión de resultados

Para el diseño de un asiento de pasajero es preciso definir las dimensiones de las curvaturas fisiológicas de la espalda, que permitan dimensionar los soportes, en regiones como la cervical y la lumbar, donde actualmente existe ausencia de los mismos en los asientos de pasajeros, considerando la antropometría de la respectiva población. Para el caso del soporte lumbar, Keegan (1964) indicó que los asientos tienen una rigidez uniforme en la vertical del respaldo, lo cual produce posturas lumbares cifóticas, cuando la región lumbar describe normalmente una lordosis; esta última, es una condición que se mantiene en este estudio. Los resultados obtenidos en el dimensionamiento del soporte lumbar son similares a los sugeridos por Reed, Schneider, & Ricci (1994), además, se concuerda en que tanto el respaldo como el cojín del asiento deben cubrir la contextura de una persona de percentil 95, cuidando que los soportes laterales no se conviertan en una restricción incómoda. Este estudio sugiere la introducción de un soporte lumbar fijo al respaldo, tal como lo indican: Akerblom (1948, 1954); Keegan (1953) y Cleaver (1954), quienes especifican que el apoyo firme debe dirigirse a la región lumbar, puesto que su punto de pivote prácticamente está paralelo al del respaldo. El pasajero de un bus interprovincial está destinado a realizar un viaje de larga duración entre provincias, Zenk et al. (2006); Vink (2005) y Mergl et al. (2005) demostraron que existe una diferencia entre un viaje de corto y largo plazo, la cual afecta directamente a la comodidad del usuario; aún más, de un pasajero cuyas actividades tienden a ser estáticas en la mayoría de los casos (Kilincsoy et al., 2014). La introducción de un soporte cervical al respaldo, mejora la estabilidad corporal, evitando que el usuario realice esfuerzos adicionales por conseguirla, en este caso de la parte superior del cuerpo, Franz et al. (2012), indicaron que un soporte cervical, mejora la comodidad durante el tráfico o largos recorridos. Los asientos actuales, pese a no contar con dicho soporte no se adaptan antropométricamente a una determinada población, requiriendo ajustes en el asiento, principalmente en el respaldo de

acuerdo a las sugerencias de Branton (1984); Harrison et al. (2000) y Kyung et al., Parte I, (2008), es por ello que el soporte cervical de este estudio, permite regularse para cubrir una mayor diferencia de percentil entre usuarios. Los resultados registrados con el medidor de fuerza de empuje en el estudio, indican que existen diferencias entre las distintas regiones del cuerpo humano que entran en contacto con el respaldo y cojín del asiento. Según Zenk et al. (2012) y Hartung (2006), la presión sobre la zona cercana a la fosa poplítea debería ser de alrededor del 6 % de la presión total del asiento, los muslos pueden soportar una presión superior al 10 % y las tuberosidades isquáticas soportan entre el 50 y el 65 % de la presión. Esto se asemeja a los resultados conseguidos, puesto que la fuerza ejercida por los glúteos fue mayor en relación a los muslos. Los datos registrados no mostraron diferencia significativa entre el lado derecho e izquierdo, alineándose a lo conseguido por Binderup et al. (2010). Las áreas que ejercieron menor fuerza fueron: la región lumbar y cervical en la parte superior del cuerpo y los muslos en la inferior, resultados similares fueron conseguidos por Vink & Lips (2017). La postura sentada hace que la mayor cantidad del peso corporal sea soportado por los glúteos, específicamente por las tuberosidades isquáticas, registrando con ello la mayor fuerza y presión soportada en dicha región, los resultados conseguidos por este estudio en la distribución de presión para dicha región, concuerdan con lo obtenido por Li et al. (2017); mientras que, el peso restante se distribuye por toda la espalda, siendo la región dorsal quien soporta la mayor cantidad de dicho peso, la distribución de presión en esta última obtuvo resultados similares a los de Kyung et al., Parte II, (2008). En los asientos actuales, la falta de soportes en ciertas regiones del cuerpo en conjunto con otros aspectos del asiento, hacen que al final de un viaje unas regiones terminen más afectadas que otras; siendo así que, en la parte superior, la región cervical registra la mayor incomodidad, seguida de la lumbar, por la parte inferior del cuerpo está la fosa poplítea, por la presión ejercida por el exceso en la profundidad del cojín, esto concuerda con los resultados alcanzados por Liu & Wu (2010).

El asiento prototipo final de pasajero diseñado y propuesto en este estudio, tiene cobertura hasta el percentil 95 de la población ecuatoriana (Palacios, 2015 y Freire et al., 2014), para corroborar este aspecto, se contó con la ayuda del participante extremo más alto (1.87 cm). Para la altura del respaldo se estableció: 800 mm y para su ancho: 500 mm, esto asegura que, aquellos usuarios de mayor estatura y contextura tengan un adecuado soporte. Para el cojín se estableció una profundidad de 450 mm evitando que este ejerza una presión sobre la fosa poplíteica de los usuarios de menor estatura y para su ancho se estableció: 470 mm, dimensión que permite cubrir a los participantes de mayor contextura. Finalmente, para los soportes cervical y lumbar se estableció una dimensión de: 60 y 250 mm, respectivamente, aclarando que el soporte cervical se ubica en el apoyacabeza del asiento, el cual es una parte independiente del respaldo, cuya particularidad es el desplazamiento vertical para brindar un adecuado soporte al cuello y cráneo del usuario, indistintamente del percentil del mismo.

La escala de incomodidad reflejó que las regiones: cervical, dorsal, lumbar y muslos fueron las que registraron el mayor índice de incomodidad por parte de los participantes, debido a los esfuerzos complementarios que tuvieron que realizar en el asiento actual hasta conseguir la estabilidad corporal deseada; mientras que, para el asiento prototipo sobre las mismas regiones antes mencionadas, se obtuvo una considerable disminución de incomodidad por parte de los participantes, debido a que dichos esfuerzos complementarios prácticamente fueron suprimidos gracias a los nuevos soportes implementados en el asiento.

Los datos registrados con el medidor digital de fuerza de empuje, reflejan en sus resultados una considerable disminución para todas las regiones posteriores del cuerpo en relación al tipo de asiento sobre el cual se realizó la respectiva medición. Para la región cervical en el asiento actual (A.A.) se registró: 20.2 N (0.3); mientras que, en el asiento prototipo final (A.P.F.) para la misma región se registró: 13.9 N (0.2). Para la región dorsal en el AA se registró un máximo de 25.2 N (0.4); mientras que, en el APF para la misma región

se registró: 20.1 N (0.2). Para la región lumbar en el AA se registró un máximo de 22.1 N (0.4); mientras que, en el APF para la misma región se registró: 15.9 N (0.2). Para los glúteos en el AA se registró un máximo de 27.9 N (0.2); mientras que, en el APF para la misma región se registró: 24.7 (0.2). Finalmente, para los muslos en el AA se registró un máximo de 17.9 N (0.3); mientras que, en el APF para la misma región se registró: 14.8 N (0.2). La disminución de la fuerza registrada en el APF en relación al AA, indica que, mientras mayor es la superficie corporal que entra en contacto con el asiento, la distribución de la fuerza ejercida sobre las distintas regiones mejora, evitando sobrecargar una determinada región.

Los resultados obtenidos por la simulación, al igual que los resultados del medidor digital de fuerza de empuje, registran una considerable disminución de presión en las distintas regiones del cuerpo; es así que, en relación al respaldo del asiento actual, la máxima presión registrada se ubicó en la región dorsal inferior con un valor de:  $1.431e-01$  MPa; mientras que, en relación al respaldo del asiento prototipo final, la máxima presión registrada se ubicó en la región lumbo-sacra con un valor de:  $8.052e-02$  MPa. Por otra parte, en relación al cojín del asiento actual, se registró una máxima presión de:  $2.9e-01$  MPa; mientras que, en relación al cojín del asiento prototipo final, la máxima presión registrada fue de: 8.875 MPa. Esto permite afirmar que, para la parte superior del cuerpo (cráneo, cuello y espalda) la región dorsal es la encargada de soportar la mayor cantidad del peso correspondiente a esta parte del cuerpo; mientras que, para la parte inferior del cuerpo, los glúteos (específicamente las tuberosidades isquiáticas), son los encargados de soportar la mayor cantidad del peso corporal. Para evitar sobrecargar las regiones antes mencionadas, es necesario modificar el diseño actual, la implementación de un soporte cervical permitió conseguir una mejor distribución de presión para la parte superior del cuerpo, debido a que una mayor superficie corporal entra en contacto con el respaldo del asiento, además de brindarle a la misma una mejor estabilidad y soporte, lo propio ocurrió en la parte inferior del cuerpo, mejorando la



distribución de presión generada en las regiones adyacentes a los glúteos. Al evitar sobrecargar la región lumbar con una adecuada distribución de presión y ayuda del soporte lumbar, es posible prevenir la aparición de la lumbalgia, lo propio ocurre al mejorar la posición del cuello gracias al soporte cervical, esto permite prevenir la cervicalgia; además, se mejoró notablemente la postura del usuario previniendo más enfermedades como la diverticulitis, aparición hernias discales, entre otras, propias de una prolongada postura sentada.

El material usado para un asiento de pasajero juega un papel muy importante, principalmente porque debe cubrir las distintas condiciones de trabajo a las que está expuesto. Considerando que, para este caso, el usuario permanece sentado por un largo período de tiempo sobre dicho asiento, la suavidad y firmeza dentro de este material, es una característica que debe estar adecuadamente equilibrada, ya que una desigualdad entre estas, haría que el material sea muy suave o muy firme (duro), generando a largo plazo incomodidad en el usuario. Los resultados de los ensayos realizados a la espuma de poliuretano de alta densidad que fue elegida para construir el asiento prototipo propuesto por este estudio, indican que este material ofrece la suavidad y firmeza adecuada; además, de que dicho material es actualmente empleado para los asientos de pasajeros de las unidades de transporte terrestre e inclusive aéreas, por sus características acorde a lo requerido para este tipo de asientos, pese a que es una composición química que inicialmente se encuentra en estado líquido para su posterior inyección sobre un molde, es un material disponible en el medio local.

Para diseñar un asiento centrado en el usuario, es importante cambiar el errado concepto de los diseñadores y fabricantes, al pensar que es el usuario quien debe adaptarse a la forma del asiento, cuando lo ideal, es lo opuesto. Este estudio consideró desde aspectos fisiológicos del cuerpo humano hasta las posturas que tentativamente son adoptadas por los usuarios ecuatorianos, para proponer un diseño de asiento ergonómico para el usuario local.

## Conclusiones

- Contar con los datos antropométricos de una población, es la clave en el diseño de productos ergonómicos para la misma, los estudios previos fueron de mucha utilidad en el trabajo realizado ya que permitieron establecer las dimensiones periféricas del asiento y con ello se cumple también con la normativa vigente.
- Si bien es cierto, el soporte lumbar esta hoy en día presente en los asientos de automóviles; sin embargo, por el espacio y en comparación con un bus interprovincial, las condiciones son completamente distintas, el dimensionamiento de este y del soporte cervical, requiere ser definido adecuadamente en base las curvaturas fisiológicas de la espalda humana ya que representa un aporte significativo para la estabilidad corporal.
- La escala de incomodidad pese a ser subjetiva, permitió identificar en este caso, las regiones que soportan una mayor y menor presión, tanto en la parte superior como inferior del cuerpo.
- El medidor digital de fuerza de empuje permitió corroborar de manera científica lo obtenido por la escala de incomodidad, estableciendo las mismas condiciones para cada una de las regiones posteriores del cuerpo.
- Las simulaciones realizadas permitieron establecer el comportamiento entre la interacción de un usuario (maniquí) y el asiento, consiguiendo una considerable disminución de presión en el asiento propuesto, en relación al asiento actual.
- La diferencia estadísticamente significativa, entre los tipos de asientos analizados, permite indicar que, al aumentar el área de contacto entre la parte posterior del cuerpo y el asiento, se consigue que la carga sobre las regiones de mayor soporte, se reduzca.
- Cualquier esfuerzo complementario realizado por el usuario, con la finalidad de alcanzar la estabilidad corporal, dará origen al aumento del grado de incomodidad.

**Recomendaciones**

- Realizar un estudio antropométrico completo de la población ecuatoriana, en vista de que representaría un aporte de gran impacto en múltiples áreas de la industria.
- Usando el asiento prototipo final propuesto, realizar un estudio radiográfico para establecer la influencia directa de los soportes cervical y lumbar, sobre cada región de vértebras.
- Analizar mediante un estudio de materiales el uso de una determinada espuma en relación a cada región del cuerpo que este en contacto con el asiento.
- Realizar un estudio enfocado en la estructura del asiento para optimizar el espacio entre asientos dentro de un bus.
- Como parte de la normativa NTE INEN 1668, encargada de la regulación de los asientos de pasajeros de buses interprovinciales, se recomienda añadir un literal que regule el diseño del mismo, integrando principalmente los soportes cervical y lumbar.

**Referencias bibliográficas**

- Akerblom, B. (1948). Standing and sitting posture with special reference to the construction of chairs. *A. B. Nordiska Bokhandeln, Stockholm: Karolinska Institutet.*
- Akerblom, B. (1954). Chairs and sitting. *Symposium on Human Factors in Equipment Design*, 29-35.
- Anderson, J. A. (1986). Epidemiological Aspects of Back Pain. *Occupational Medicine*, 90-94.
- Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L. (2015). Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana. *ResearchGate*, 1-282.
- Binderup, A., Arendt-Nielsen, L., & Madeleine, P. (2010). Pressure pain sensitivity maps of the neck - shoulder and the low back regions in men and women. *BMC Musculoskelet*, 234.
- Branton, P. (1966). *The Comfort of Easy Chair*. Hertfordshire: Furniture Industry Research Association.
- Branton, P. (1984). Backshapes of seated persons - How close can the interface be designed. *Applied Ergonomics*, 105-107.
- Branton, P., & Grayson, G. (1967). An Evaluation of Train Seats by Observation of Sitting Behaviour. *Ergonomics*, 35-51.
- CANFAC. (2014, Abril 24). *Canfacecuador*. Retrieved from <http://www.canfacecuador.com/Informe-Final-Diagnostico-Sector-Carrocerro.pdf>
- Carvalho, D. E., & Callaghan, J. P. (2012). Influence of automobile seat lumbar support prominence on spine and pelvic postures: A radiological investigation. *Applied Ergonomics*, 876-882.
- Chaurand, R. Á., León, L. R., & Muñoz, E. L. (2015). *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana: Mexico, Cuba, Colombia, Chile*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Cleaver, G. E. (1954). Driving seats: An appraisal of the mechanical basis of comfort. *Automobile Engineer*, 237-241.

- Conselho, R. B., Rodrigues, R., Paulino, M. T., & Valadao, A. (2017). Thermal comfort of seats as visualized by infrared thermography. *Applied Ergonomics*, 142-149.
- Corlett, E. N., & Bishop, R. P. (1976). A Technique for Assessing Postural Discomfort. *Ergonomics*, 175-182.
- Cotter, B. D., Nairn, B. C., & Drake, J. D. (2014). Should a standing or seated reference posture be used when normalizing seated spine kinematics? *Biomechanics*, 1-7.
- Ekos. (2015, Marzo 31). *Ekosnegocios*. Retrieved from <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=5588>
- Franz, M. M. (2010). Comfort, experience, physiology and car seat innovation.
- Franz, M., Durt, A., Zenk, R., & Desmet, P. (2012). Comfort effects of a new car headrest with neck support. *Applied Ergonomics*, 336-343.
- Franz, M., Kamp, I., Durt, A., Kilincsoy, Ü., Bubb, H., & Vink, P. (2011). A light weight car seat shaped by human body contour. *Human Factors Modelling and Simulation*, 314-326.
- Freire, W. B., Luzuriaga, M. J., Belmont, P., Jaramillo, K. S., Romero, N., Sáenz, K., . . . Monge, R. (2014). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la Población Ecuatoriana de cero a 59 años*. Quito: El Telégrafo.
- Goonetilleke, R. S., & Feizhou, S. (2001). A methodology to determine the optimum seat depth. *Industrial Ergonomics*, 207-217.
- Groenesteijn, L., Mastrikt, S. H.-V., Gallais, C., Blok, M., Kuijt-Evers, L., & Vink, P. (2014). Activities, postures and comfort perception of train passengers as input for train seat design. *Ergonomics*, 1154-1165.
- Groenesteijn, L., Vink, P., Looze, M. d., & Krause, F. (2009). Effects of differences in office chair controls, seat and backrest angle design in relation to tasks. *Applied Ergonomics*, 362-370.
- Harrison, D. D., Harrison, S. O., Croft, A. C., Harrison, D. E., & Troyanovich, S. J. (1999). Sitting biomechanics part I: Review of the literature. *Manipulative and Physiological Therapeutics*, 594-609.

- Harrison, D. D., Harrison, S. O., Harrison, D. E., & Troyanovich, S. J. (2000). Sitting Biomechanics, Part II: Optimal Car Driver's Seat and Optimal Driver's Spinal Model. *Manipulative and Physiological Therapeutics*, 37-47.
- Hartung, J. (2006). Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz. *Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie*.
- Hevilla, I. (2010, Julio 16). Retrieved from [http://www.redgfu.es/malaga/yoghismo/AIYYEE/Web\\_Antigua\\_files/Anatomia%20y%20fisiologia%20de%20la%20columna%20vertebral.pdf](http://www.redgfu.es/malaga/yoghismo/AIYYEE/Web_Antigua_files/Anatomia%20y%20fisiologia%20de%20la%20columna%20vertebral.pdf)
- INEN. (2015, Marzo 15). *normalización*. Retrieved from [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/2015/ACO/11032015/nte\\_inen\\_1668\\_1.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/2015/ACO/11032015/nte_inen_1668_1.pdf)
- INSHT, I. N. (2012, Julio 16). Análisis de posturas forzadas. Barcelona, Cataluña, España.
- Irizar. (2016). *A Journey to the Inside*. México: Irizar.
- Jianghong, Z., & Long, T. (1994). An evaluation of comfort of a bus seat. *Applied Ergonomics*, 386-392.
- Jung, E. S., Han, S. H., Jung, M., & Choe, J. (1998). Coach design for the Korean high-speed train: A systematic approach to passenger seat design and layout. *Applied Ergonomics*, 507-519.
- Keegan, J. J. (1953). Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *Bone Joint Surgery*, 589-603.
- Keegan, J. J. (1964). The medical problem of lumbar spine flattening in automobile seats. *SAE*.
- Kilincsoy, Ü., Wagner, A., Benglerb, K., Bubb, H., & Vink, P. (2014). Comfortable Rear Seat Postures Preferred by Car Passengers. *ResearchGate*, 823-831.
- Kolich, M., & Taboun, S. M. (2004). Ergonomics modelling and evaluation of automobile seat comfort. *Ergonomics*, 841-863.
- Kyung, G., Nussbaum, M. A., & Babski-Reeves, K. (2008). Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings. *Industrial Ergonomics*, 516-525.

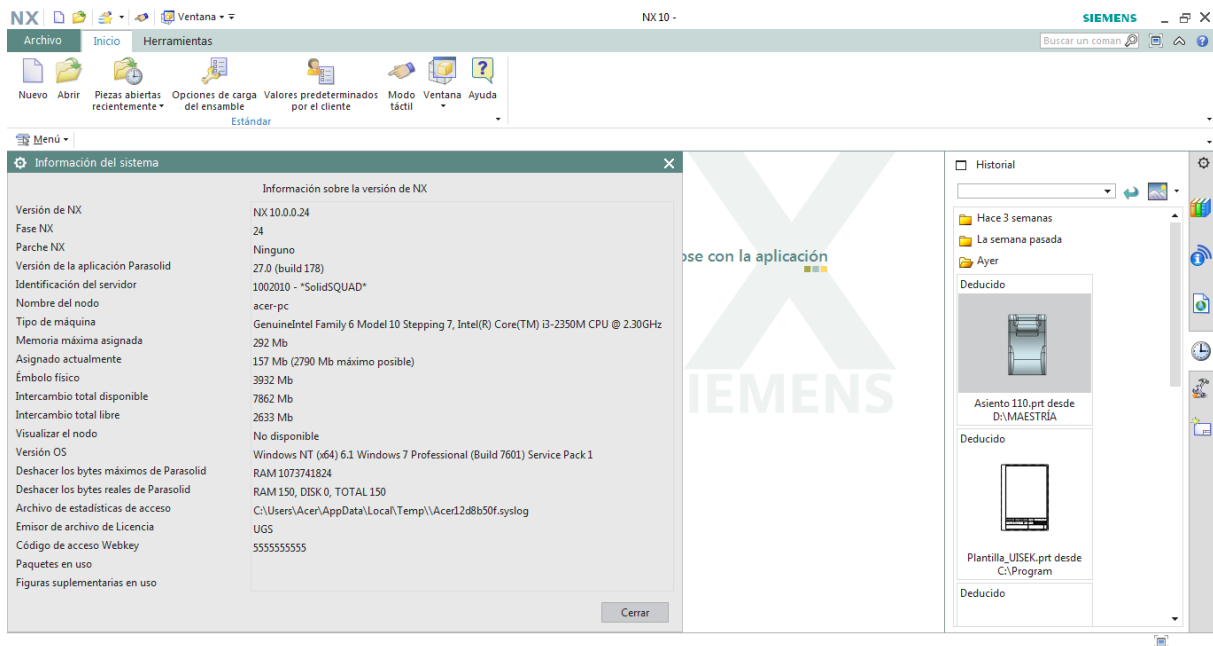
- Kyung, G., Nussbaum, M. A., & Babski-Reeves, K. (2008). Driver sitting comfort and discomfort (part II): Relationships with and prediction from interface pressure. *Industrial Ergonomics*, 526–538.
- Lee, N. S., Schneider, L. W., & Ricci, L. L. (1990). Review of selected literature related to seating discomfort.
- Li, W., Yu, S., Yang, H., Pei, H., & Zhao, C. (2017). Effects of long-duration sitting with limited space on discomfort, body flexibility, and surface pressure. *Industrial Ergonomics*, 12-24.
- Liu, B.-S., & Wu, C.-C. (2010). Survey of Health Problems for Long-Haul Flight Travelers. In P. Vink, & J. Kantola, *Advances in Human Factors and Ergonomics Series* (pp. 366-375). Taipei.
- López, P. (2010, Septiembre 14). <http://ocw.um.es>. Retrieved from <http://ocw.um.es/gat/contenidos/palopez/contenidos/616e61746f6dc3ad615f706564726f5f616e67656c.pdf>
- Marcopolo. (2016). *Poltronas para Segmento Rodoviário*. Caxias do Sul: Superpolo.
- Martínez, D. (2014, Agosto 30). *La Información*. Retrieved from [http://www.lainformacion.com/salud/especializaciones-medicas/la-lumbalgia-amenaza-tras-los-viajes-largos-de-vuelta-de-vacaciones\\_N3WJKzwwTLBq9HY4LHtEa2/](http://www.lainformacion.com/salud/especializaciones-medicas/la-lumbalgia-amenaza-tras-los-viajes-largos-de-vuelta-de-vacaciones_N3WJKzwwTLBq9HY4LHtEa2/)
- Mastrigt, S. H. (2015). *Comfortable passenger seats*. Delft: Ipskamp Drukkers.
- Mergl, C., Klendauer, M., Mangen, C., & Bubb, H. (2005). Predicting Long Term Riding Comfort in Cars by Contact Forces between Human and Seat. *SAE, Warrendale*, 26-90.
- Nawayseh, N. (2015). Effect of the seating condition on the transmission of vibration through the seat pan and backrest. *Industrial Ergonomics*, 82-90.
- Palacios Vargas, C. P. (2015, Febrero 25). Evaluación Antropométrica de Trabajadores del Área de Montaje en la Empresa Calzado Gamos. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Panero, J., & Zelnik, M. (1996). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Naucalpan: Gustavo Gili, SA.

- Park, J., Lee, H., Choi, Y., Park, K., Kim, M., & You, H. (2014). Development of an Ergonomic Bus Seat Profile Design Protocol . *Human Factors and Ergonomics Society*, 1825-1828.
- Reed, M. P., Schneider, L. W., & Ricci, L. L. (1994). *Survey of auto seat design recomendations for improved comfort*. Michigan: Lear Seating Corporation.
- Rhimi, A. (2017). Concepts for the reduction of the discomfort generated by the prolonged static posture during the driving task, part II: Experiments and validations. *Industrial Ergonomics*, 55-62.
- Rivas, M. (2014, Enero 13). *Biomanantial*. Retrieved from <http://www.biomanantial.com/mala-postura-sus-consecuencias-para-salud-a-2898-es.html>
- Rouvière, H., & Delmas, A. (2016). *Anatomía humana - Tronco*. España: Masson.
- SENPLADES. (2012). *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. Quito: Ediecuatorial.
- Tafad. (2014, Enero 30). Retrieved from [http://www.tafadycursos.com/load/cuerpo\\_humano/anatomia/amplitud\\_movimiento/16-1-0-1030](http://www.tafadycursos.com/load/cuerpo_humano/anatomia/amplitud_movimiento/16-1-0-1030)
- Telecomunicaciones, M. d. (2016). *Manual de normas de diseño interior para buses del sistema de transporte de Santiago*. Santiago de Chile: Directorio de transporte público.
- Tichauer, E. R. (1978). *The Biomechanical Basis of Ergonomics: Anatomy Applied to the Design*. New York: John Wiley & Sons.
- Vargas, C. P. (2015). *Evaluación Antropométrica de Trabajadores del Área de Montaje en la Empresa Calzado Gamos*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Vargas, F. (2014, Febrero 7). *Emol*. Retrieved from <http://www.emol.com/noticias/Tendencias/2014/02/10/739938/Conoce-las-enfermedades-que-se-derivan-de-estar-sentado-8-horas-diarias.html>
- Vink, P. (2005). *Comfort and Design: Principles and Good Practice*. New York: CRC Press, Boca Raton.
- Vink, P., & Lips, D. (2017). Sensitivity of the human back and buttocks: The missing link in comfort seat design. *Applied Ergonomics*, 287-292.

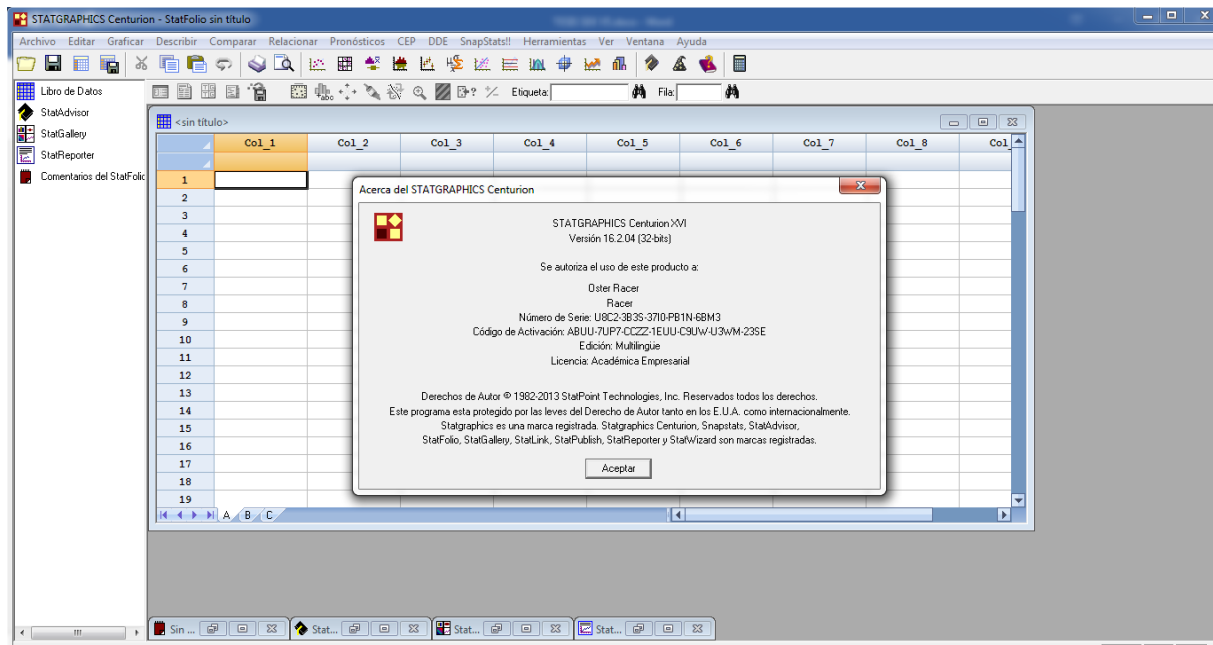


- Yang, Z., Sun, S., & Chen, G. (2009). Evaluating Sitting Comfort with Questionnaire and Body Pressure Distribution. *ZheJiang University*, 1443-1447.
- Yutong. (2015). *On Route*. Zhengzhou: Zhengzhou Yutong Bus Co., Ltd.
- Zenk, R. (2008). *Objektivierung des Sitzkomforts und seine automatische Anpassung*. München: Technische Universität München.
- Zenk, R., Franz, M., Bubb, H., & Vink, P. (2012). Technical note: Spine loading in automotive seating. *Applied Ergonomics*, 290-295.
- Zenk, R., Mergl, C., Hartung, J., Sabbah, O., & Bubb, H. (2006). Objectifying the Comfort of Car Seats. *SAE, Warrendale*, 12-99.
- Zhang, L., Helander, M. G., & Drury, C. G. (1996). Identifying Factors of Comfort and Discomfort in Sitting. *Human Factors*, 377-389.

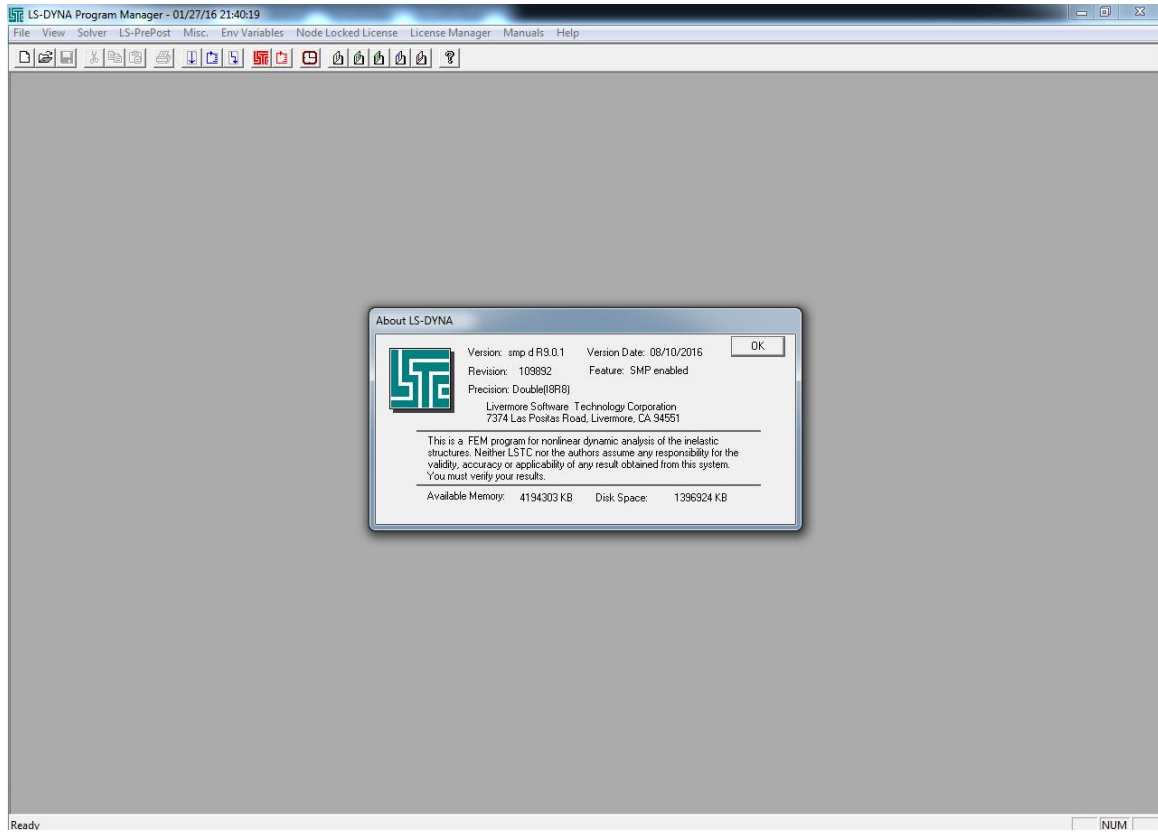
Anexos



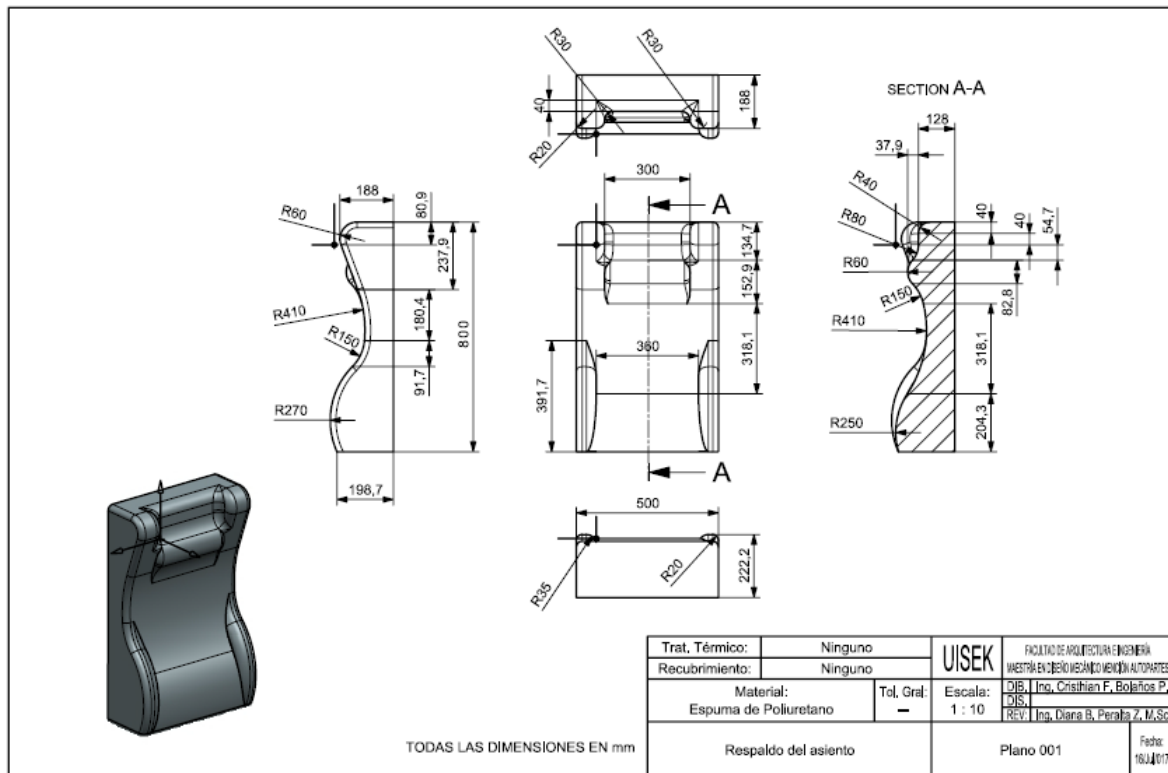
Anexo 1. Software Siemens NX versión 10.0



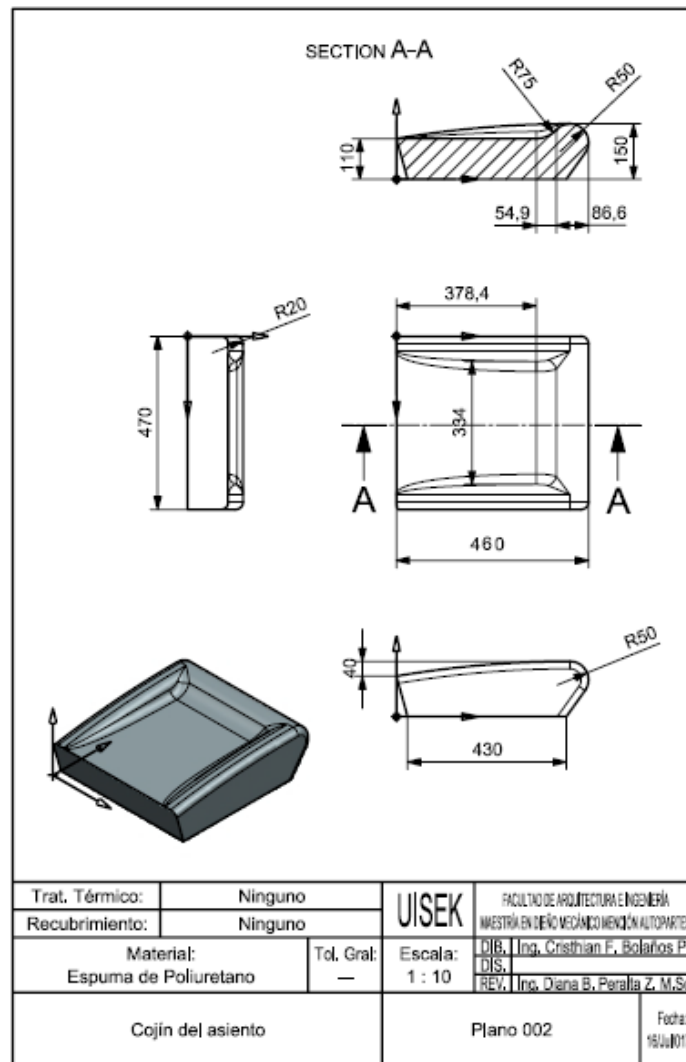
Anexo 2. StatGraphics Centurion XVI versión 16.2.04



Anexo 3. LS-Dyna versión 9.0.1



Anexo 4. Plano respaldo del asiento



Anexo 5. Plano cojín del asiento



Anexo 6. Equipo de medición de fuerza de empuje



*Anexo 7.* Asiento prototipo de prueba (izquierda) y asiento actual (derecha)



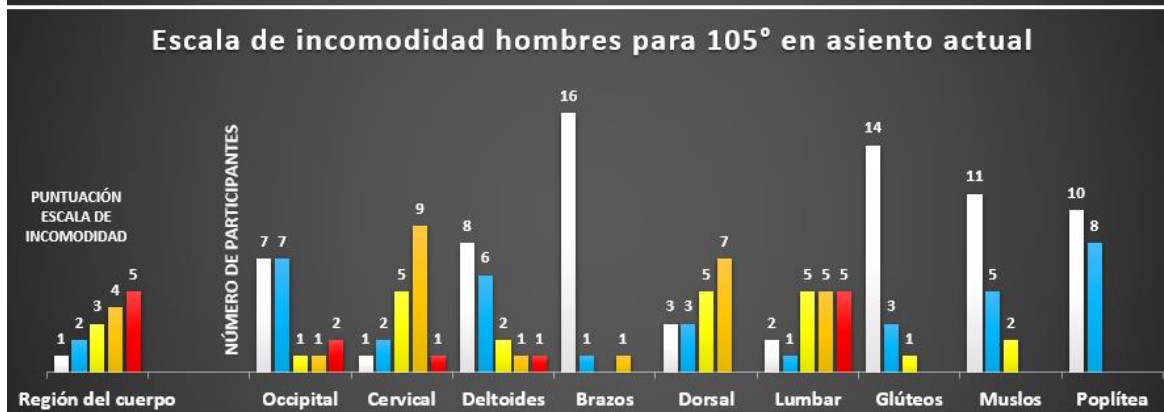
*Anexo 8.* Participante femenina en toma de peso y estatura



*Anexo 9.* Participante femenina iniciando la prueba para determinar el grado de incomodidad



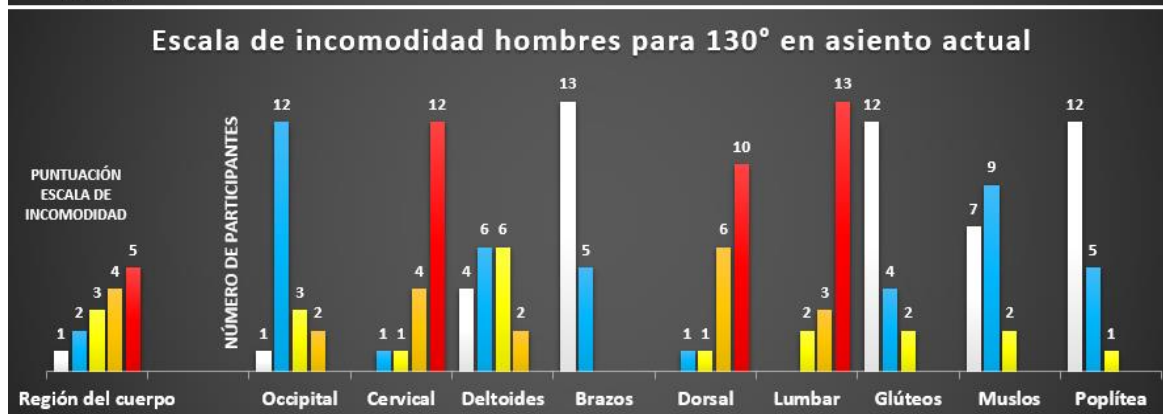
*Anexo 10.* Participantes realizando las pruebas para determinar el grado de incomodidad



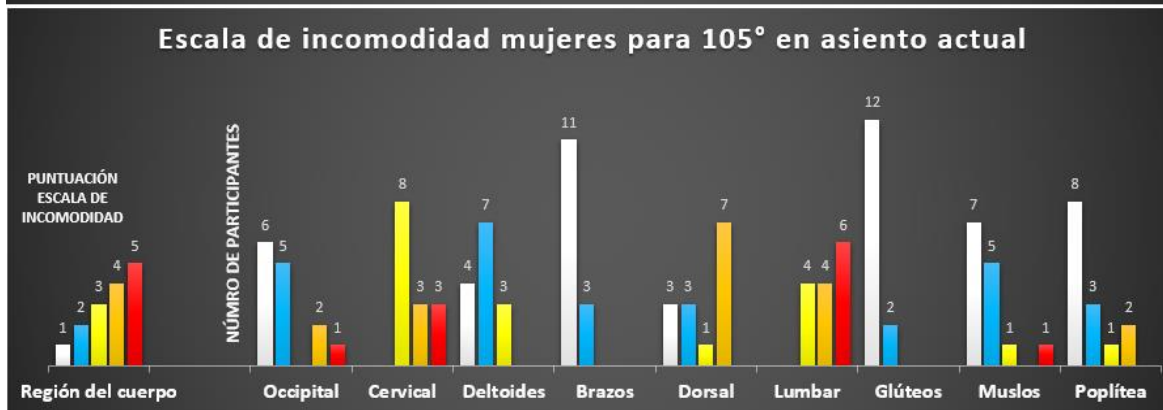
Anexo 11. Resultados del grado de incomodidad de los hombres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 105°



Anexo 12. Resultados del grado de incomodidad de los hombres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 118°

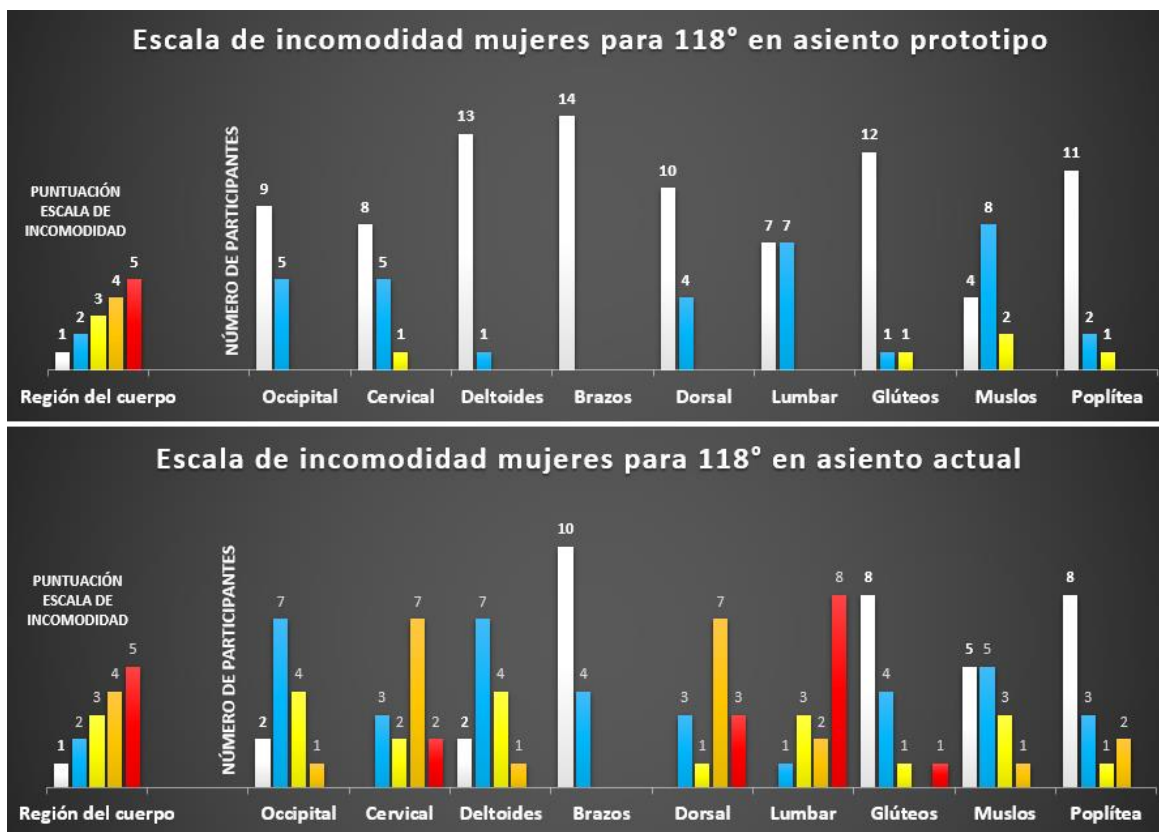


Anexo 13. Resultados del grado de incomodidad de los hombres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 130°

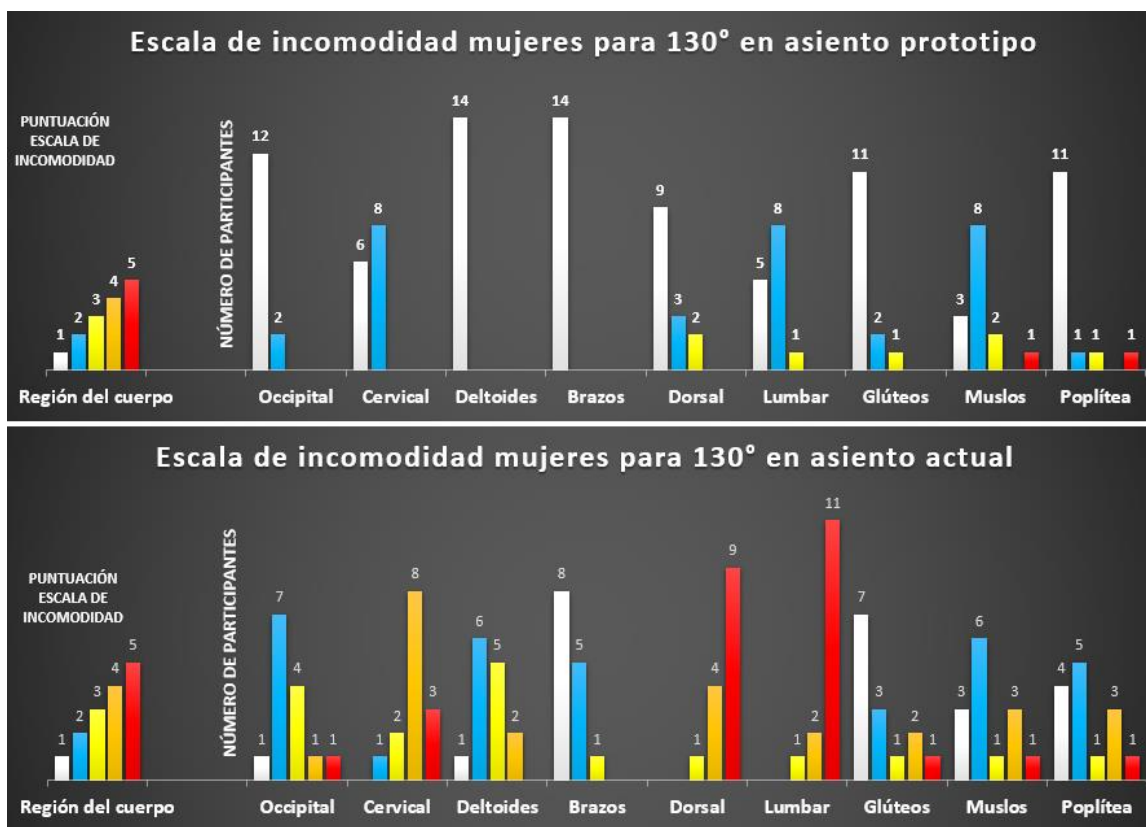


Anexo 14. Resultados del grado de incomodidad de las mujeres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 105°



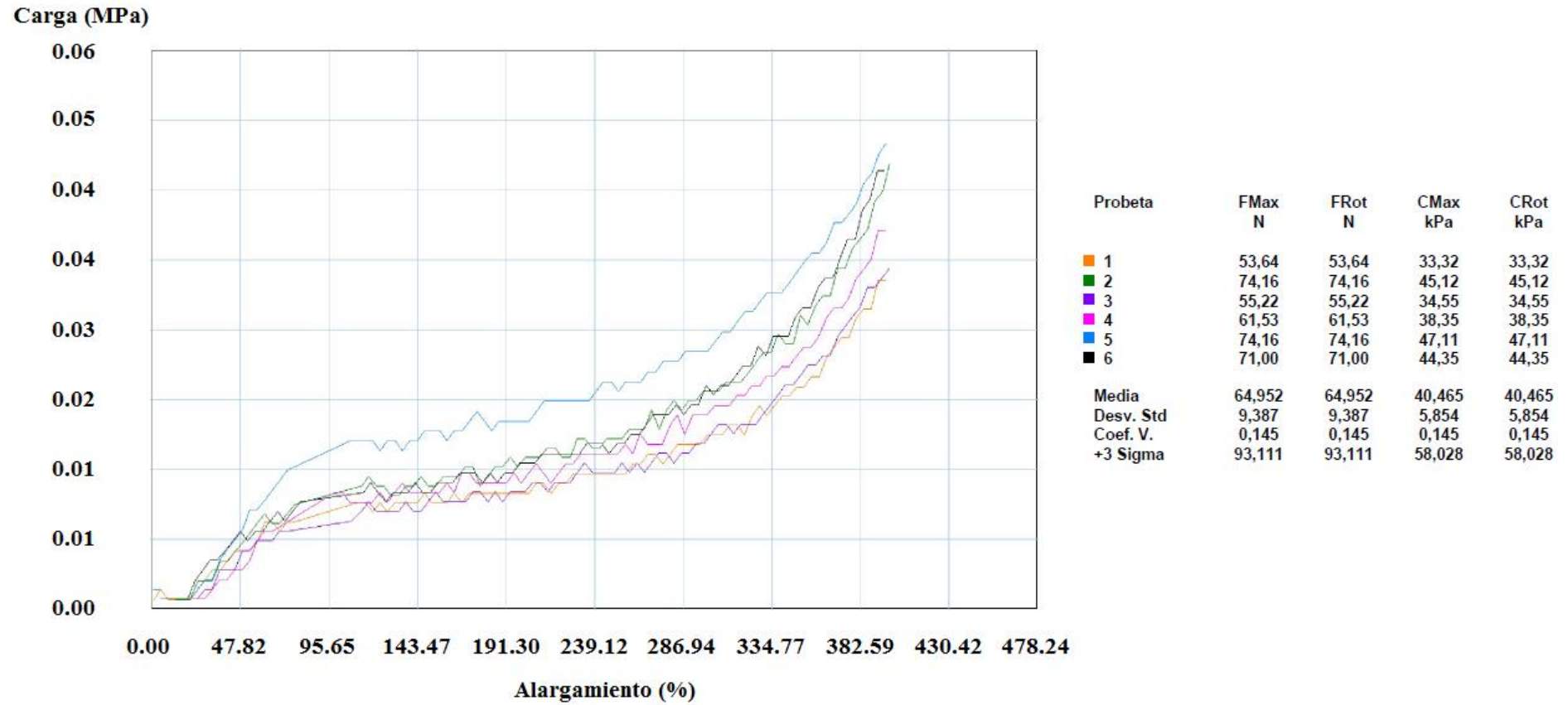


Anexo 15. Resultados del grado de incomodidad de las mujeres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 118°



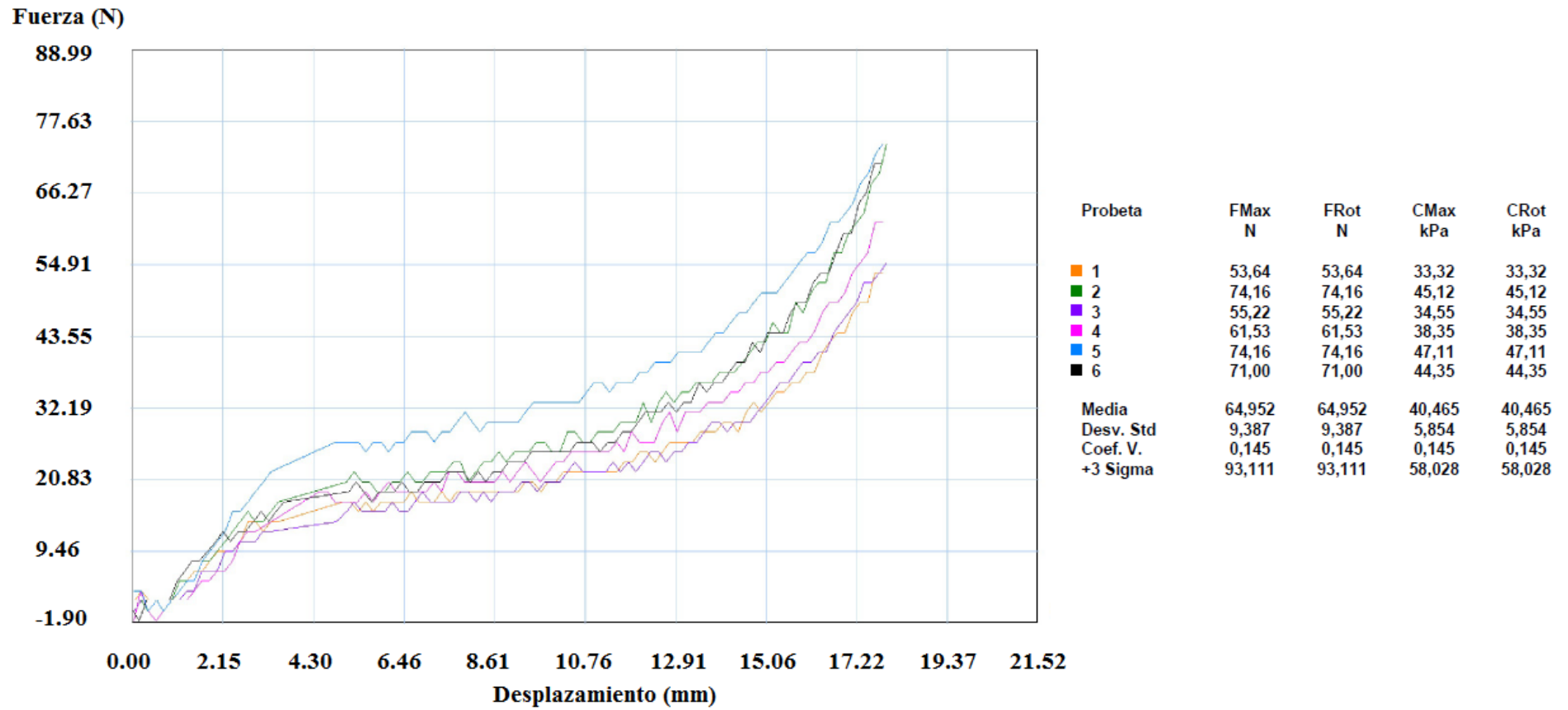
Anexo 16. Resultados del grado de incomodidad de las mujeres participantes entre el asiento prototipo y el asiento actual para 130°

**Carga aplicada durante el ensayo de compresión a la espuma de poliuretano**



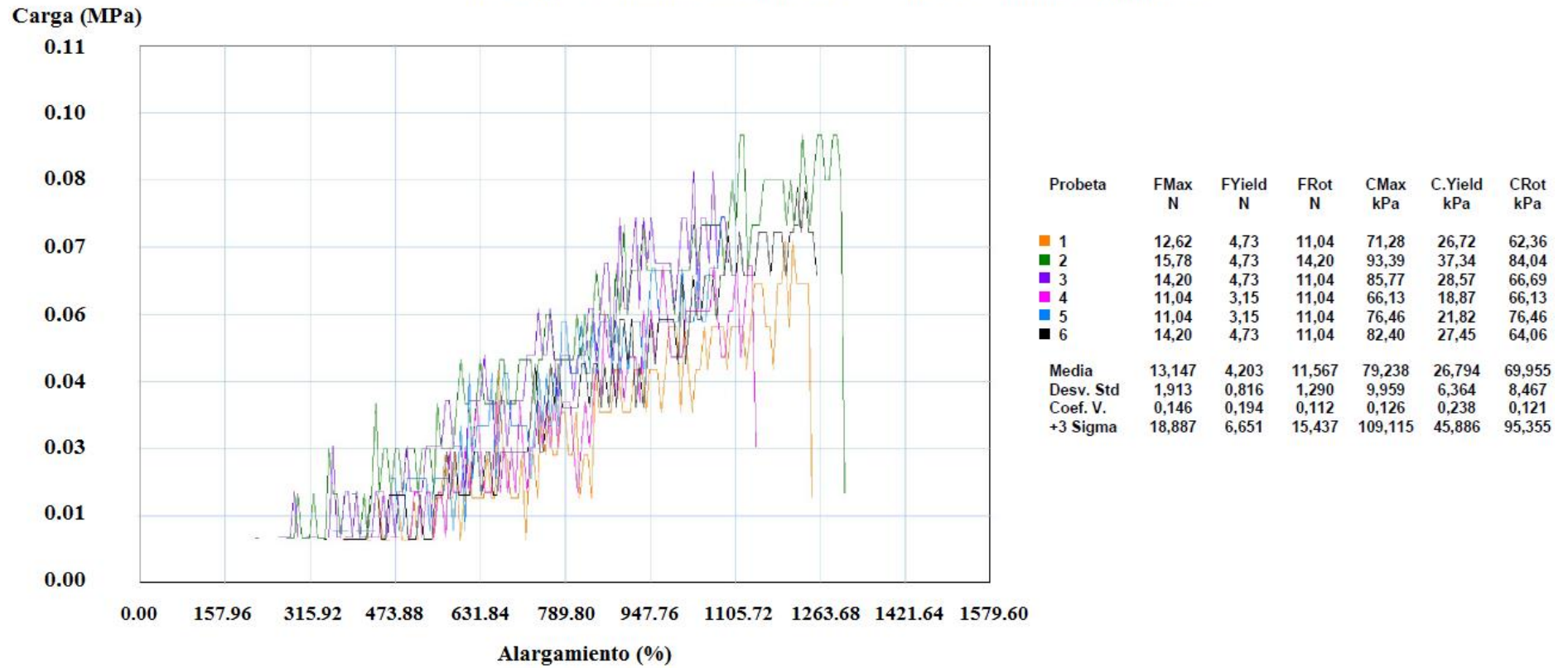
Anexo 17. Resultados de la carga aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de compresión

**Fuerza aplicada durante el ensayo de compresión a la espuma de poliuretano**



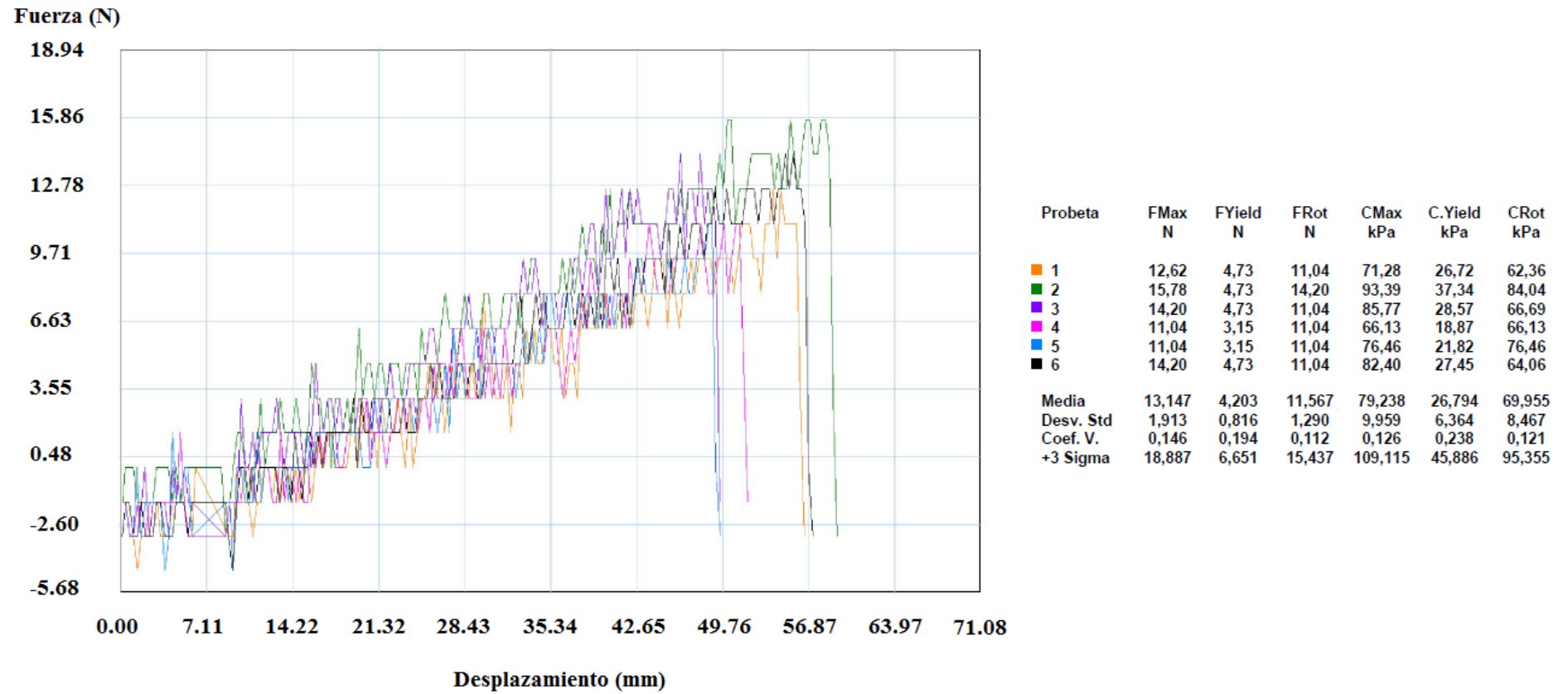
Anexo 18. Resultados de la fuerza aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de compresión

**Carga aplicada durante el ensayo de tracción a la espuma de poliuretano**

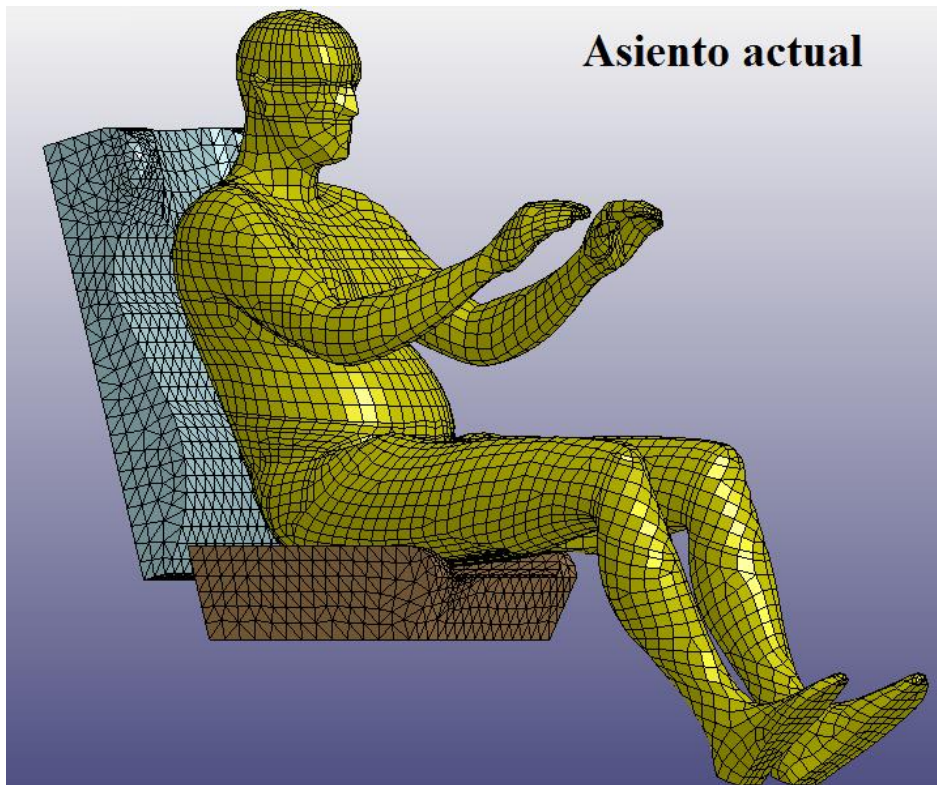


Anexo 19. Resultados de la carga aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de tracción

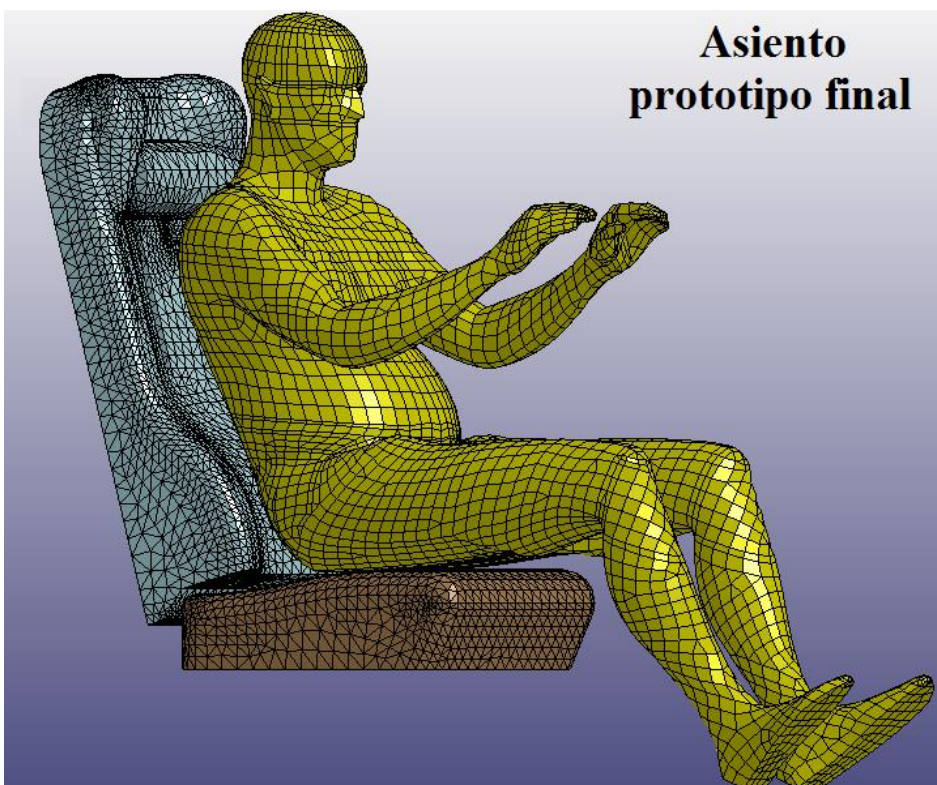
**Fuerza aplicada durante el ensayo de tracción a la espuma de poliuretano**



Anexo 20. Resultados de la fuerza aplicada a las probetas de espuma de poliuretano durante el ensayo de tracción

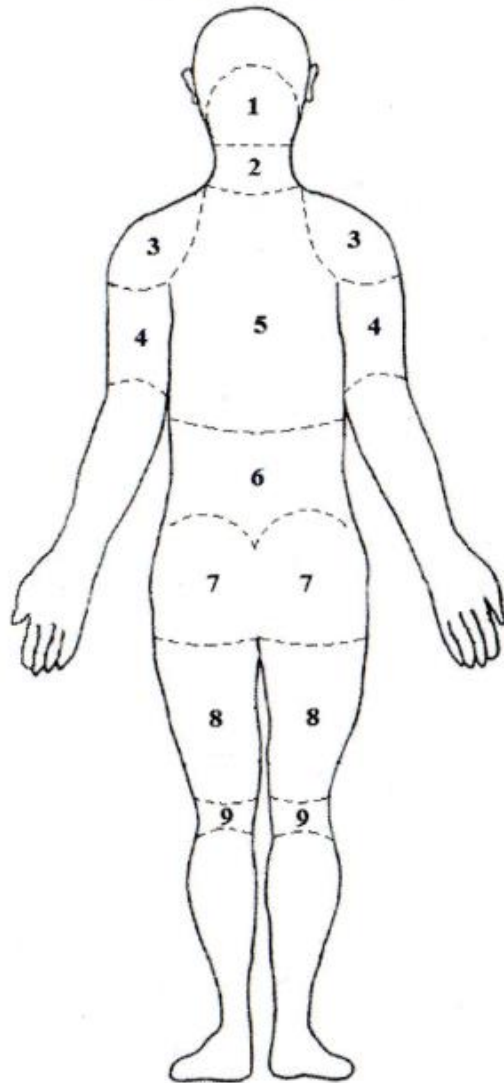


Anexo 21. Mallado asiento actual



Anexo 22. Mallado asiento prototipo final

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

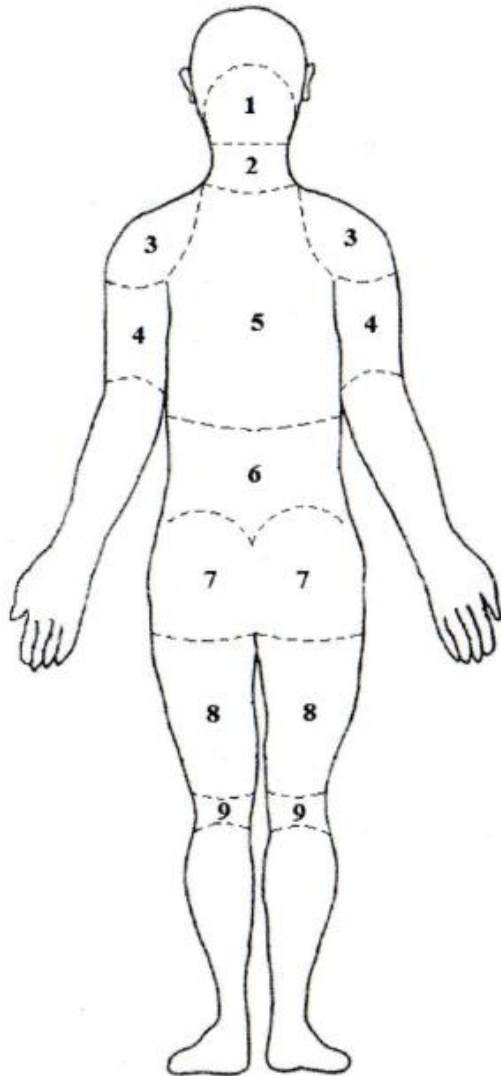
Nombre: <u>Dayany A. Yandín B.</u>		N° de cédula: <u>040181960-2</u>	
Edad: <u>22</u> años.	Estatura: <u>1,45</u> cm.	Peso: <u>61</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																					
		105°					118°					130°											
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5							
1.	Occipital		X			X		X	X						X		X						
2.	Cervical		X			X		X	X						X		X						
3.	Deltoides	X			X			X		X					X							X	
4.	Brazos	X		X				X	X						X		X						
5.	Dorsal	X				X		X											X		X		
6.	Lumbar	X			X			X							X				X				X
7.	Glúteos	X	X							X	X						X	X			X	X	
8.	Muslos	X		X						X	X										X	X	
9.	Poplitea	X		X					X	X										X	X		

Anexo 23. Resultados del grado de incomodidad de la participante 4

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: <u>Rosa D Balaños P.</u>		N° de cédula: <u>040112706-3</u>	
Edad: <u>42</u> años.	Estatura: <u>1.49</u> cm.	Peso: <u>65</u> kg.	Firma: <u>Rosa D Balaños P.</u>

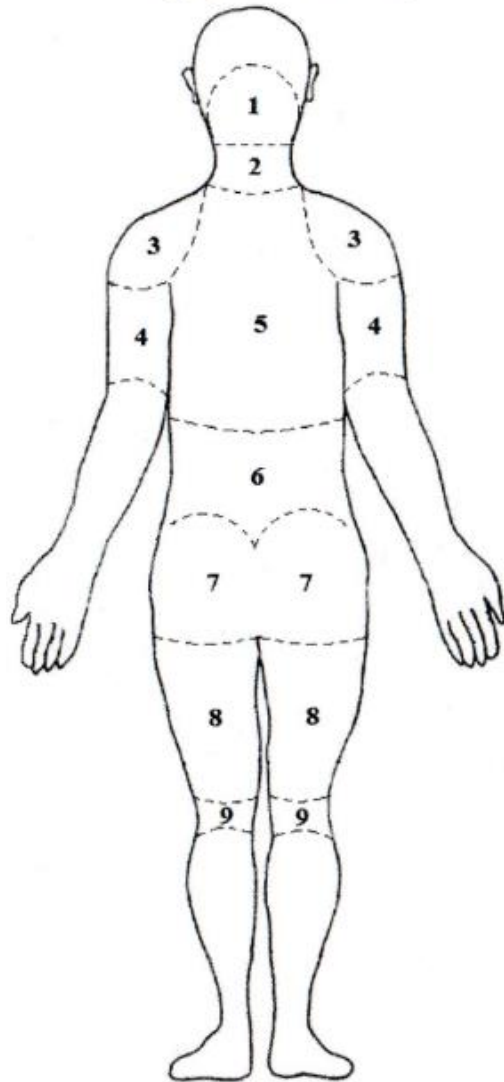
Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad															
		105°					118°					130°					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1.	Occipital	x	x				x			x			x				x
2.	Cervical		x			x		x	x					x			x
3.	Deltoides	x		x			x				x		x			x	
4.	Brazos	x		x			x		x				x		x		
5.	Dorsal	x	x				x		x				x				x
6.	Lumbar	x				x	x					x	x				x
7.	Glúteos	x		x			x		x				x			x	
8.	Muslos	x	x				x		x				x				x
9.	Poplitea	x				x	x			x			x				x

Anexo 24. Resultados del grado de incomodidad de la participante 5



Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

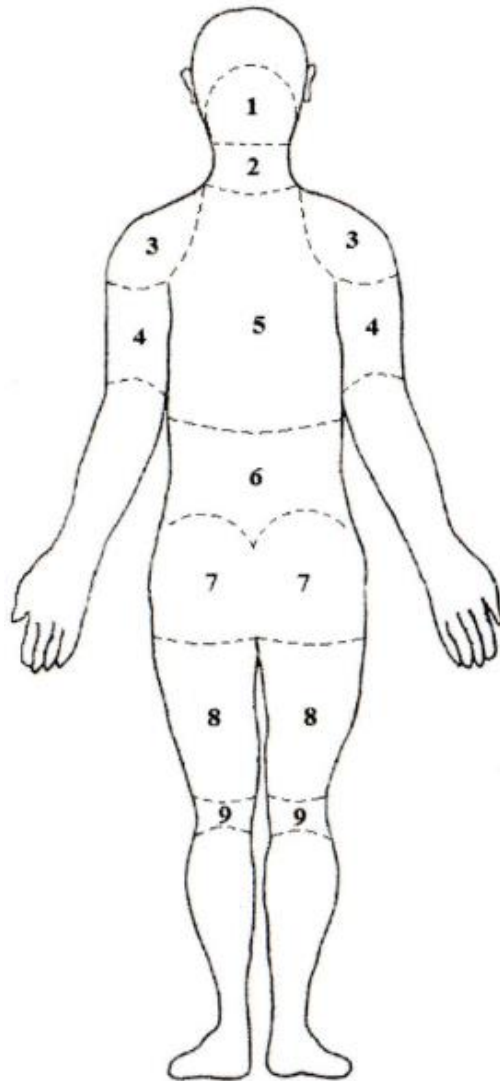
Nombre: <u>Nicolás S. Sánchez B.</u>		N° de cédula: <u>045002208-7</u>	
Edad: <u>17</u> años.	Estatura: <u>180</u> cm.	Peso: <u>60</u> kg.	Firma:

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																			
		105°					118°					130°									
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
1.	Occipital	X				X	X	X					X			X		X			
2.	Cervical	X				X	X	X					X			X		X			
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X					X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X					X			
5.	Dorsal	X		X			X	X				X	X				X	X			X
6.	Lumbar		X			X		X	X				X				X	X			X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X				X	X			X
8.	Muslos		X	X			X	X				X	X				X	X			X
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X				X	X			X

Anexo 25. Resultados del grado de incomodidad de la participante 6

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

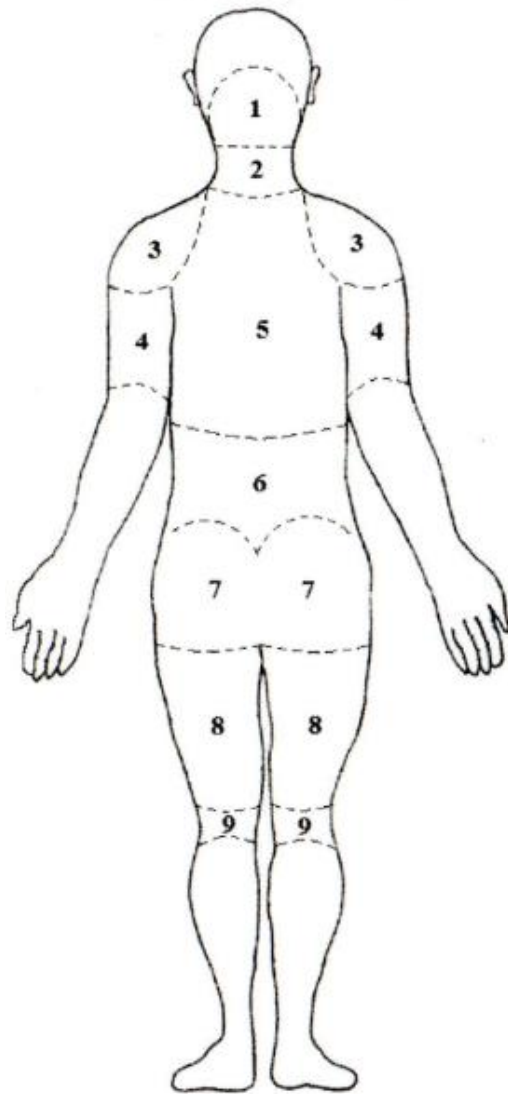
Nombre: <u>Cecilia Medina</u>		Nº de cédula: <u>0401393236</u>	
Edad: <u>36</u> años.	Estatura: <u>150</u> cm.	Peso: <u>70</u> kg.	Firma: <u>Cecilia Medina</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																					
		105°					118°					130°											
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5							
1.	Occipital		X	X				X	X				X	X				X	X				
2.	Cervical	X			X			X			X			X			X			X			X
3.	Deltoides	X		X				X			X			X			X			X			X
4.	Brazos	X	X					X	X				X	X			X	X					X
5.	Dorsal	X				X		X			X			X			X			X			X
6.	Lumbar		X				X		X			X			X		X		X			X	X
7.	Glúteos	X	X					X	X					X	X			X	X				
8.	Muslos	X	X					X	X					X	X			X	X				
9.	Poplítea	X			X			X					X			X		X				X	X

Anexo 26. Resultados del grado de incomodidad de la participante 7

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

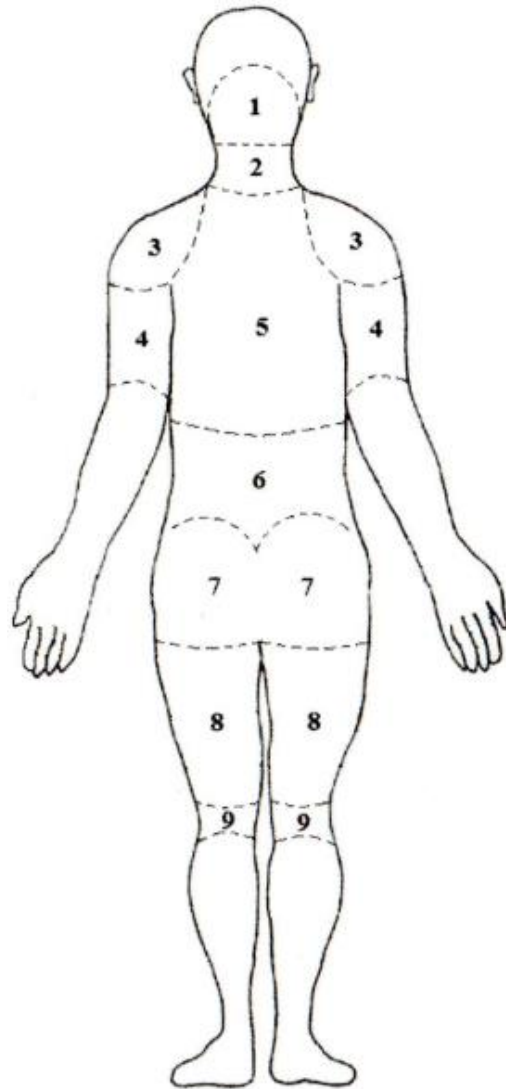
Nombre: <u>Cristina Alexandra Yapud</u>		N° de cédula: <u>0410169582-7</u>	
Edad: <u>25</u> años.	Estatura: <u>154</u> cm.	Peso: <u>54</u> kg.	Firma:

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X		X			X		X		
2.	Cervical	X		X				X				X	X			X
3.	Deltoides	X	X				X		X			X		X		
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X				X		X				X	X			X
6.	Lumbar	X				X	X					X		X		X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X			
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 27. Resultados del grado de incomodidad de la participante 8

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

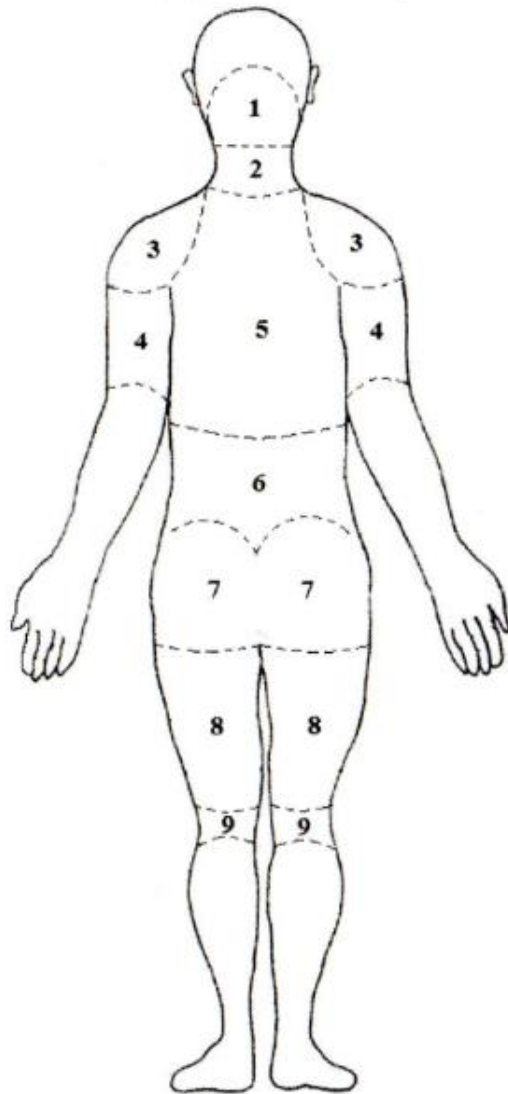
Nombre: <u>Ayda Escalada Estephania Ortiz</u>		N° de cédula: <u>817059918-4</u>	
Edad: <u>42</u> años.	Estatura: <u>1.54</u> cm.	Peso: <u>60</u> kg.	Firma: <u>Ayda Escalada Estephania Ortiz</u>

Escala de Incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de Incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X					X					X				
2.	Cervical		X				X					X				
3.	Deltoides	X					X					X				
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal		X					X					X			
6.	Lumbar	X					X					X				
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos		X	X				X	X				X	X		
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 28. Resultados del grado de incomodidad de la participante 9

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

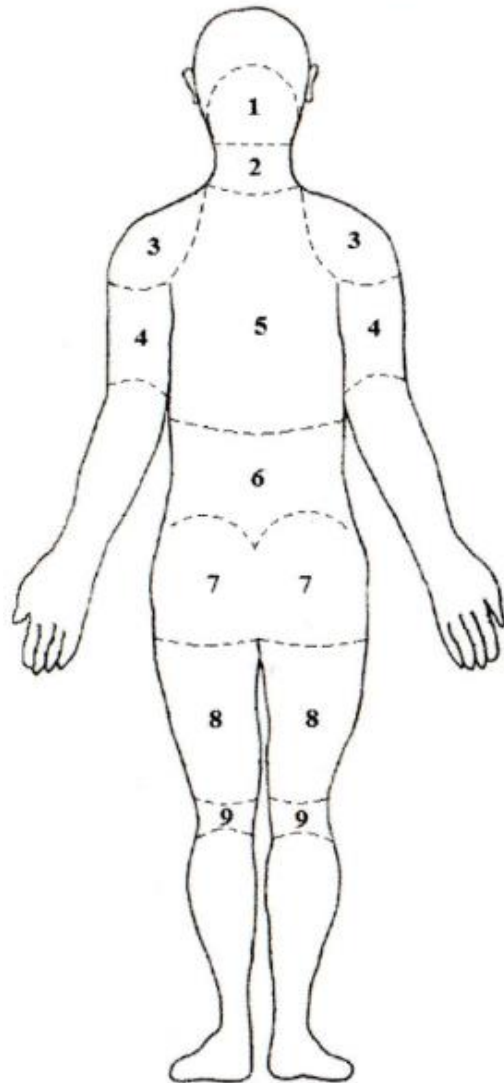
Nombre: <u>Patricia Escal</u>		Nº de cédula: <u>0401511597</u>	
Edad: <u>31</u> años.	Estatura: <u>154</u> cm.	Peso: <u>55</u> kg.	Firma: <u>Patricia Escal</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																									
		105°					118°					130°															
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5											
1.	Occipital		x	x																							
2.	Cervical	x			x					x																	
3.	Deltoides	x			x					x																	
4.	Brazos	x	x							x	x																
5.	Dorsal	x								x																	
6.	Lumbar									x																	
7.	Glúteos																										
8.	Muslos																										
9.	Poplitea																										

Anexo 29. Resultados del grado de incomodidad de la participante 10

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

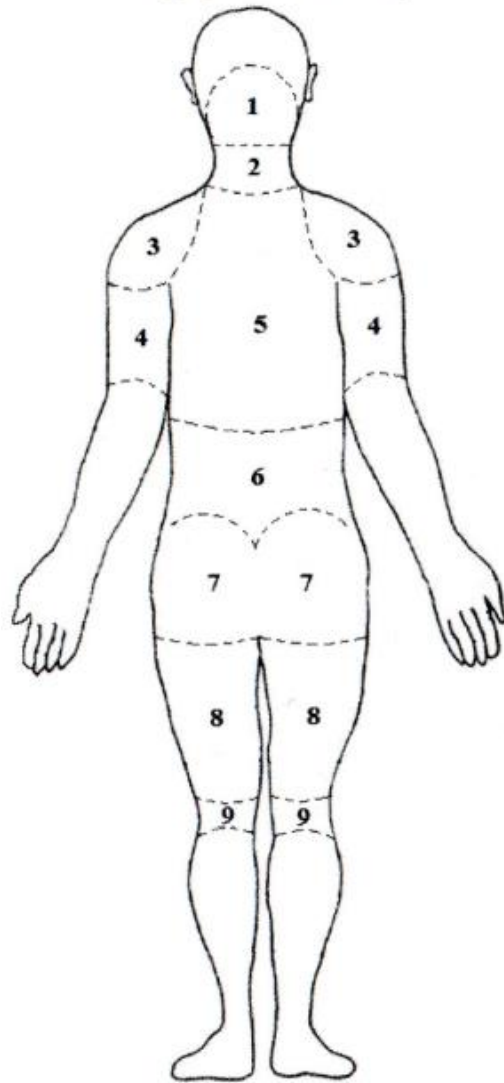
Nombre: <u>Jhina Villarreal Reina</u>		Nº de cédula: <u>1757320443</u>	
Edad: <u>25</u> años.	Estatura: <u>156</u> cm.	Peso: <u>54</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X	X			
2.	Cervical		X			X	X				X		X			X
3.	Deltoides	X		X			X	X				X				X
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X				X	X				X	X				X
6.	Lumbar		X			X	X				X	X	X			X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos		X	X				X	X				X	X		
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 30. Resultados del grado de incomodidad de la participante 11

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

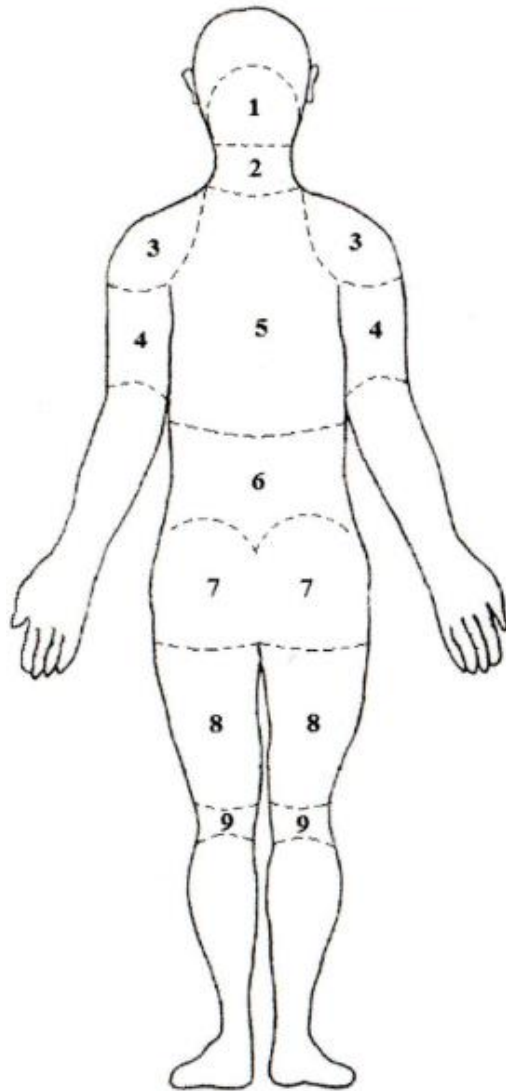
Nombre: <u>Sandía P Bolaños P</u>		N° de cédula: <u>175643737-0</u>	
Edad: <u>44</u> años.	Estatura: <u>1.57</u> cm.	Peso: <u>68</u> kg.	Firma: <u>Sandía Bolaños</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X	X			
2.	Cervical	X		X			X		X			X	X			
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X		X		X	X			
5.	Dorsal	X	X				X		X			X				X
6.	Lumbar	X		X			X		X			X			X	
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X		X					X	X				X	X	
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 31. Resultados del grado de incomodidad de la participante 12

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: <u>Magaly Reina Navarrete</u>		Nº de cédula: <u>0401344924</u>	
Edad: <u>34</u> años.	Estatura: <u>158</u> cm.	Peso: <u>65</u> kg.	Firma: <u>Magaly Reina</u>

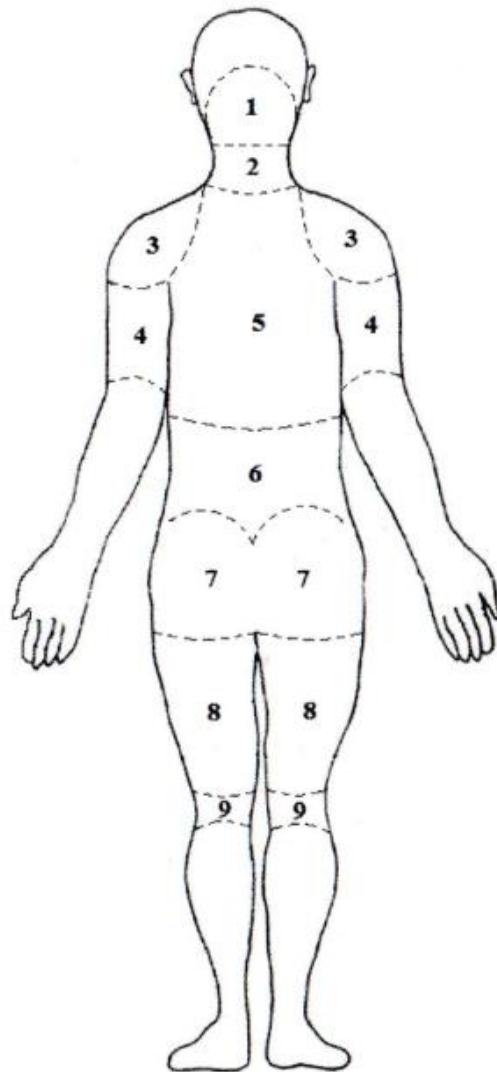
Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X		X		
2.	Cervical	X		X			X			X		X				X
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X		X			X			X			X			X
6.	Lumbar		X	X				X		X			X			X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos		X	X				X	X				X	X		
9.	Poplitea		X	X				X	X			X	X			

Anexo 32. Resultados del grado de incomodidad de la participante 13



Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

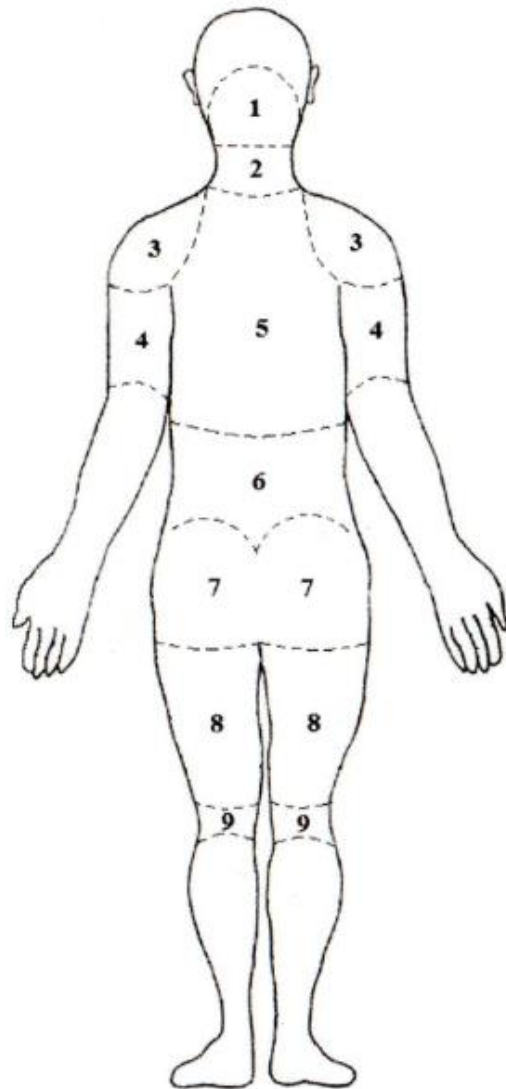
Nombre: Nancy C. Mera T.		N° de cédula: 040114167-6	
Edad: 39 años.	Estatura: 1.60 cm.	Peso: 70 kg.	Firma: <i>[Firma]</i>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	x			x		x			x		x			x	
2.	Cervical	x			x		x			x		x			x	
3.	Deltoides	x	x				x	x				x	x			
4.	Brazos	x	x				x	x				x	x			
5.	Dorsal	x	x				x	x				x				x
6.	Lumbar	x			x			x	x				x			x
7.	Glúteos	x	x				x	x				x	x			
8.	Muslos	x	x				x	x				x	x			
9.	Poplíteas	x	x				x	x				x	x			

Anexo 33. Resultados del grado de incomodidad de la participante 14

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

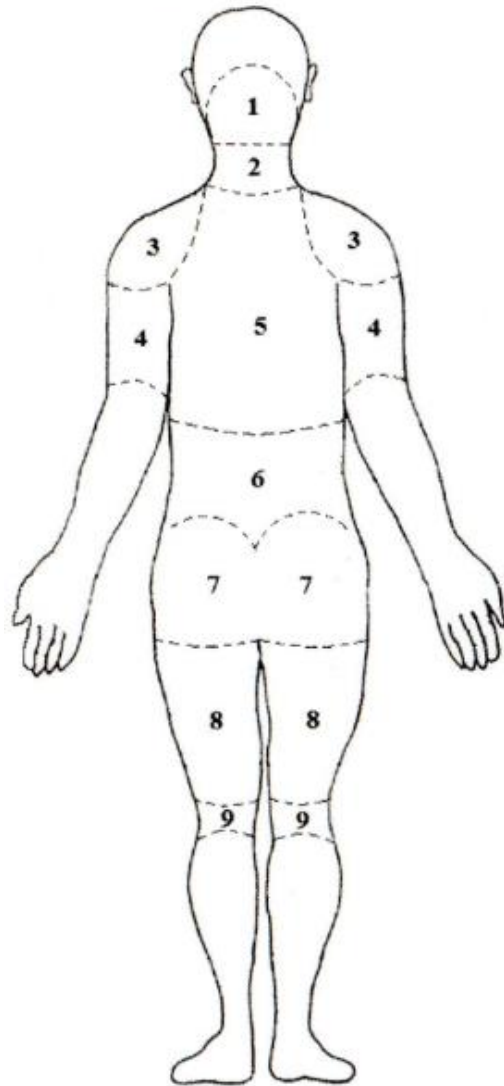
Nombre: <u>Consuelo Hamba Aenas</u>		N° de cédula: <u>050250646-3</u>	
Edad: <u>36</u> años.	Estatura: <u>162</u> cm.	Peso: <u>65</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																	
		105°					118°					130°							
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
1.	Occipital	X	X				X		X				X		X				
2.	Cervical		X	X			X					X	X					X	
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X						
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X						
5.	Dorsal	X	X				X			X				X					X
6.	Lumbar	X		X			X				X		X						X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X						
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X						
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X						

Anexo 34. Resultados del grado de incomodidad de la participante 15

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

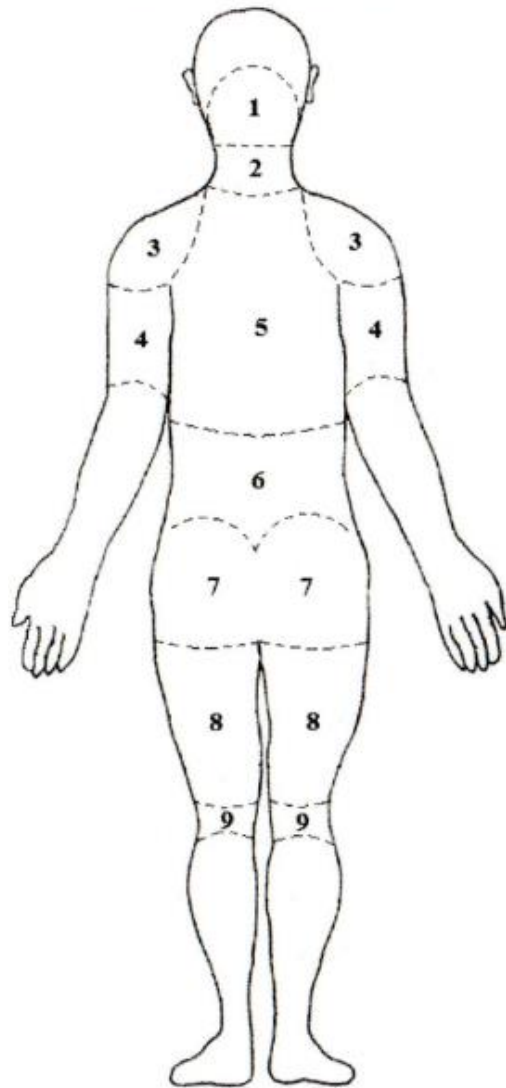
Nombre: <u>Albaly Venegas Rubio</u>		N° de cédula: <u>040177502-8</u>	
Edad: <u>21</u> años.	Estatura: <u>167</u> cm.	Peso: <u>53</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X	X			
2.	Cervical	X			X		X		X			X	X			X
3.	Deltoides	X		X			X		X			X		X		
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X				X	X			X		X				X
6.	Lumbar	X				X	X				X	X				X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos		X	X				X		X			X	X		
9.	Poplíteas	X	X				X	X				X	X			

Anexo 35. Resultados del grado de incomodidad de la participante 16

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

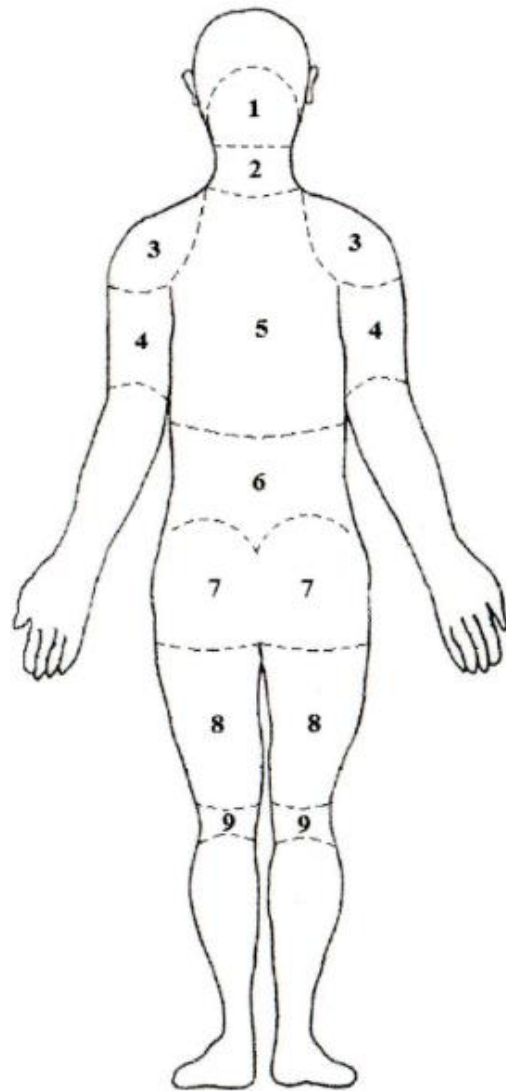
Nombre: <u>Blaiz Roberto Guzmán</u>		N° de cédula: <u>050334562-1</u>	
Edad: <u>30</u> años.	Estatura: <u>1.57</u> cm.	Peso: <u>75</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de Incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X					X	X		
2.	Cervical		X	X			X				X		X			X
3.	Deltoides	X	X				X	X				X			X	
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X		X			X				X	X				X
6.	Lumbar	X			X			X			X	X				X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X					X	X				X	X		
9.	Poplitea	X		X			X		X			X		X		

Anexo 36. Resultados del grado de incomodidad del participante 17

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

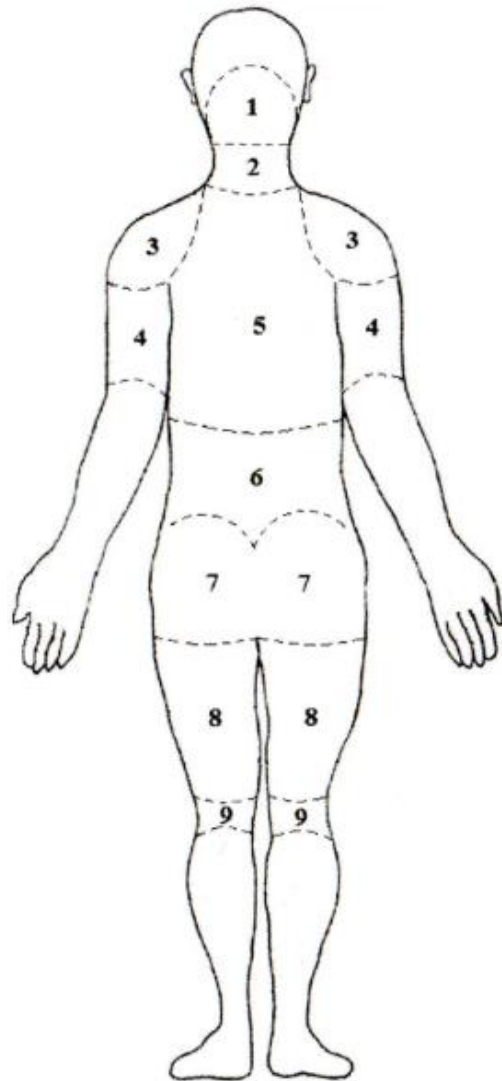
Nombre: <u>Andrés Portella</u>		Nº de cédula: <u>010197326-L</u>	
Edad: <u>25.0</u> años.	Estatura: <u>160</u> cm.	Peso: <u>54</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X		X			X		X			X		X		
2.	Cervical	X			X		X		X			X		X		X
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X			X		X				X		X			X
6.	Lumbar	X		X			X	X		X		X				X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X			
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 37. Resultados del grado de incomodidad del participante 18

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

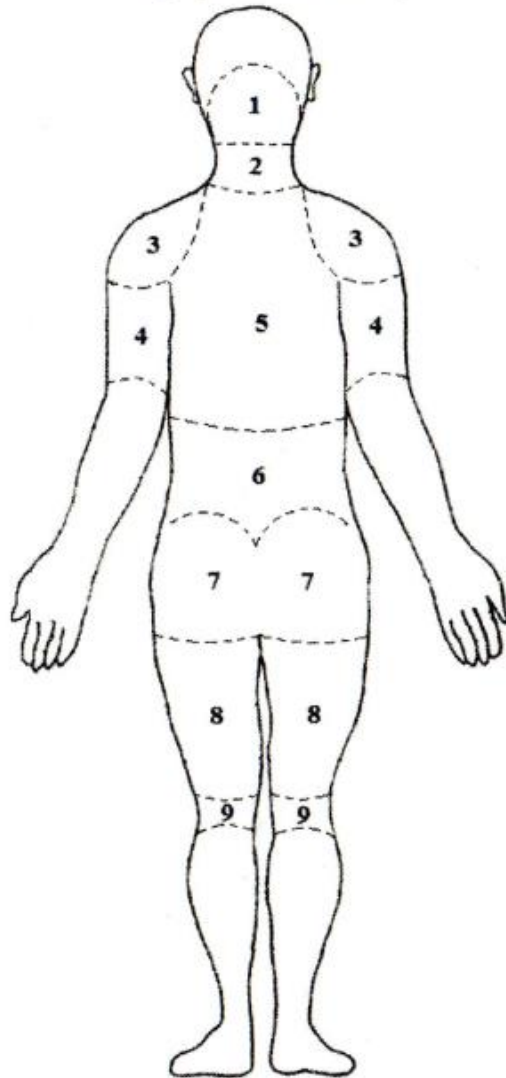
Nombre: <u>Jesús Armando Getial</u>		N° de cédula: <u>840011174-9</u>	
Edad: <u>31</u> años.	Estatura: <u>160</u> cm.	Peso: <u>58</u> kg.	Firma: <u>Jesús Armando</u>

Escala de Incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	x	x				x	x					x	x		
2.	Cervical		x			x	x				x	x				x
3.	Deltoides	x		x			x		x			x		x		
4.	Brazos	x	x				x	x				x		x		
5.	Dorsal	x				x	x				x	x				x
6.	Lumbar	x				x	x				x	x				x
7.	Glúteos	x	x				x	x				x	x			
8.	Muslos	x	x					x	x				x	x		
9.	Poplíteas		x	x			x		x			x		x		

Anexo 38. Resultados del grado de incomodidad del participante 19

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

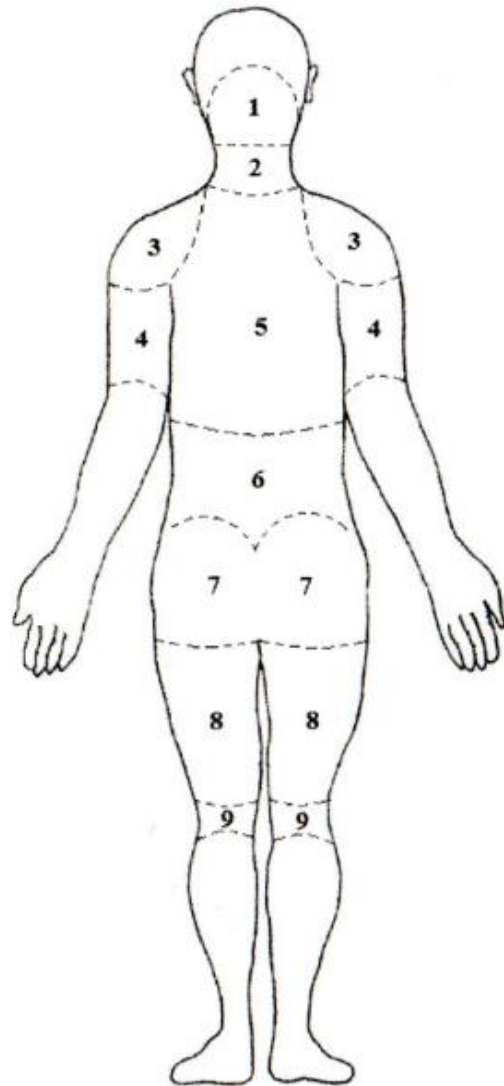
Nombre: <u>MARLON BASTIDAS REGALADO</u>		Nº de cédula: <u>000116806-7</u>	
Edad: <u>41</u> años.	Estatura: <u>160</u> cm.	Peso: <u>78</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X					X	X		
2.	Cervical	X		X			X			X			X			X
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X		X			X			X		X			X	
6.	Lumbar	X		X			X			X		X				X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X			
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 39. Resultados del grado de incomodidad del participante 20

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: <u>Romeo Narate</u>	Nº de cédula: <u>040134712-5</u>		
Edad: <u>37</u> años.	Estatura: <u>163</u> cm.	Peso: <u>72</u> kg.	Firma:

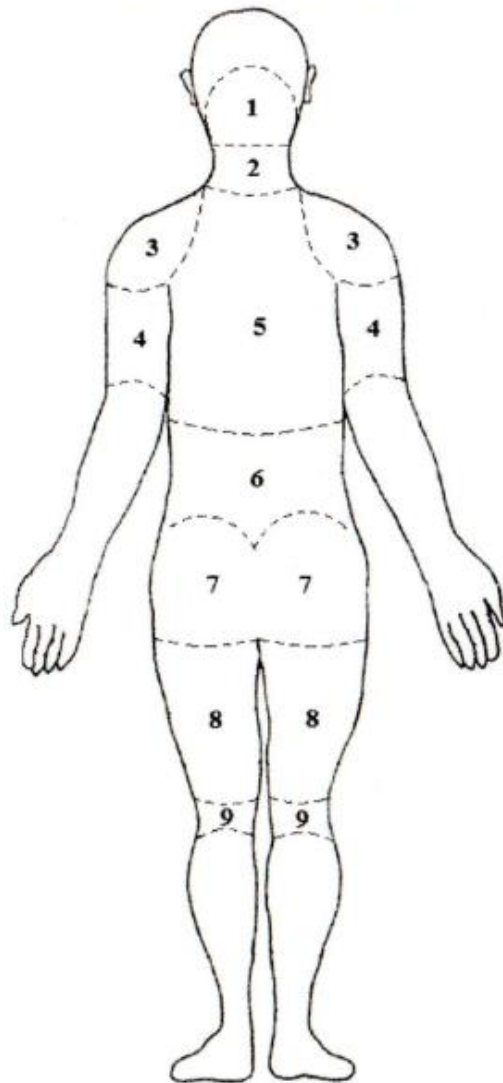
Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X					X	X		
2.	Cervical	X		X				X			X		X			X
3.	Deltoides	X	X				X	X				X			X	
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X		X			X			X		X				X
6.	Lumbar		X		X		X				X	X				X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X					X	X			X	X			
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 40. Resultados del grado de incomodidad del participante 21



Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

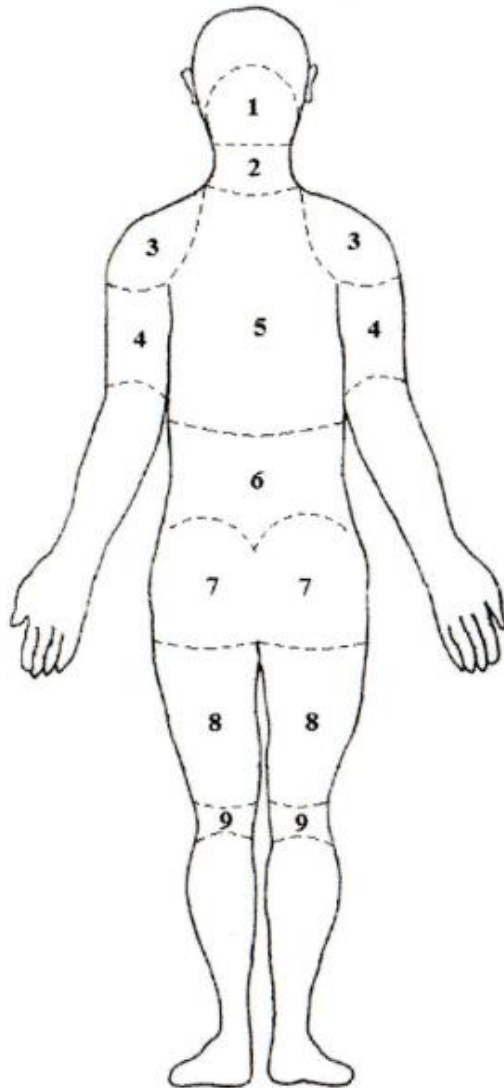
Nombre: <i>Wilson Andy Saul Rosero</i>		Nº de cédula: <i>040125325-7</i>	
Edad: <i>31</i> años.	Estatura: <i>165</i> cm.	Peso: <i>63</i> kg.	Firma: <i>[Firma]</i>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital															
2.	Cervical	X					X					X				
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal															
6.	Lumbar	X					X					X				
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X			
9.	Poplíteas	X					X					X				

Anexo 41. Resultados del grado de incomodidad del participante 22

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

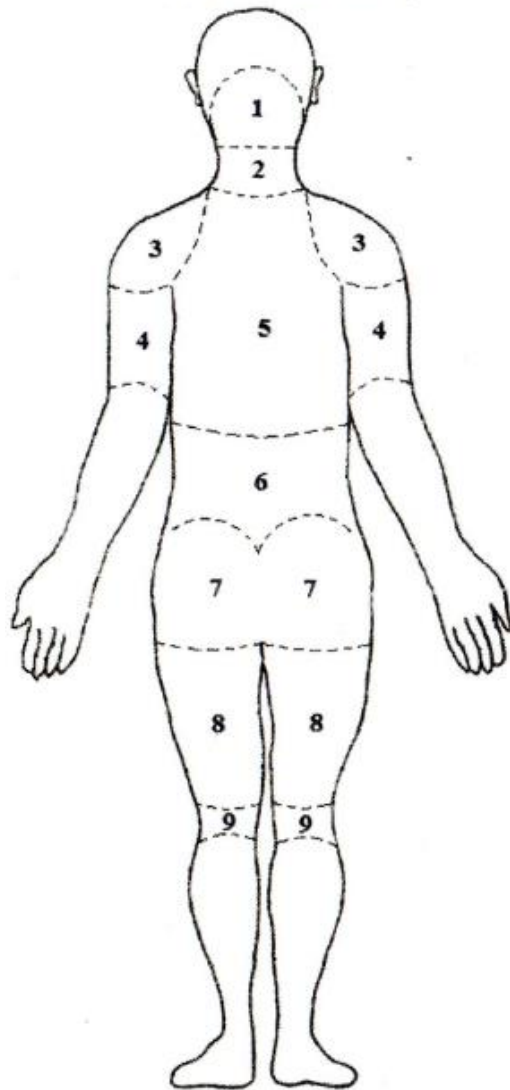
Nombre: <u>Guillermo Arias</u>		Nº de cédula: <u>050136427-7</u>	
Edad: <u>50</u> años.	Estatura: <u>166</u> cm.	Peso: <u>81</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X	X			
2.	Cervical	X			X		X			X			X			X
3.	Deltoides	X	X				X		X			X		X		
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X			X		X			X		X				X
6.	Lumbar	X				X	X				X	X				X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X			
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 42. Resultados del grado de incomodidad del participante 23

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

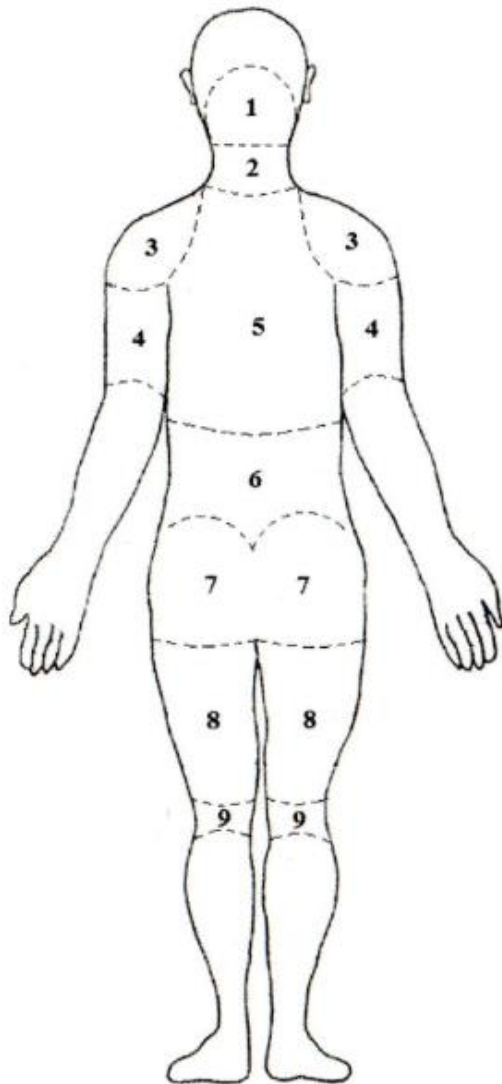
Nombre: Luis Enrique Yela		N° de cédula: 040704606-5	
Edad: 47 años.	Estatura: 166 cm.	Peso: 75 kg.	Firma: <i>[Firma]</i>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X		X			X		X		
2.	Cervical	X			X		X			X		X				X
3.	Deltoides	X		X			X		X			X		X		
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal		X			X		X			X		X			X
6.	Lumbar		X				X	X				X	X			X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			X
8.	Muslos	X	X				X		X			X	X			X
9.	Poplitea	X		X			X			X		X			X	

Anexo 43. Resultados del grado de incomodidad del participante 24

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

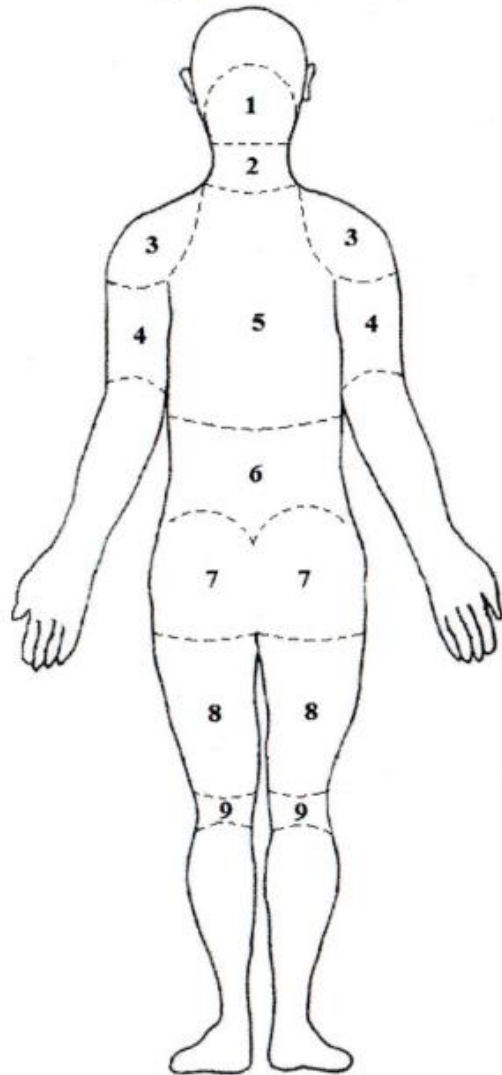
Nombre: <i>Milton Medina Vilboreo</i>	Nº de cédula: <i>040097690-8</i>		
Edad: <i>46</i> años.	Estatura: <i>168</i> cm.	Peso: <i>96</i> kg.	Firma: <i>[Firma]</i>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad																
		105°					118°					130°						
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
1.	Occipital	X	X					X	X					X	X			
2.	Cervical			X	X				X			X				X	X	
3.	Deltoides	X	X				X		X				X		X			
4.	Brazos	X	X				X	X					X	X				
5.	Dorsal	X			X		X			X			X			X		
6.	Lumbar		X		X			X		X				X			X	
7.	Glúteos	X	X				X	X					X	X				
8.	Muslos		X	X				X	X					X	X			
9.	Poplítea	X	X				X	X					X	X				

Anexo 44. Resultados del grado de incomodidad del participante 25

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

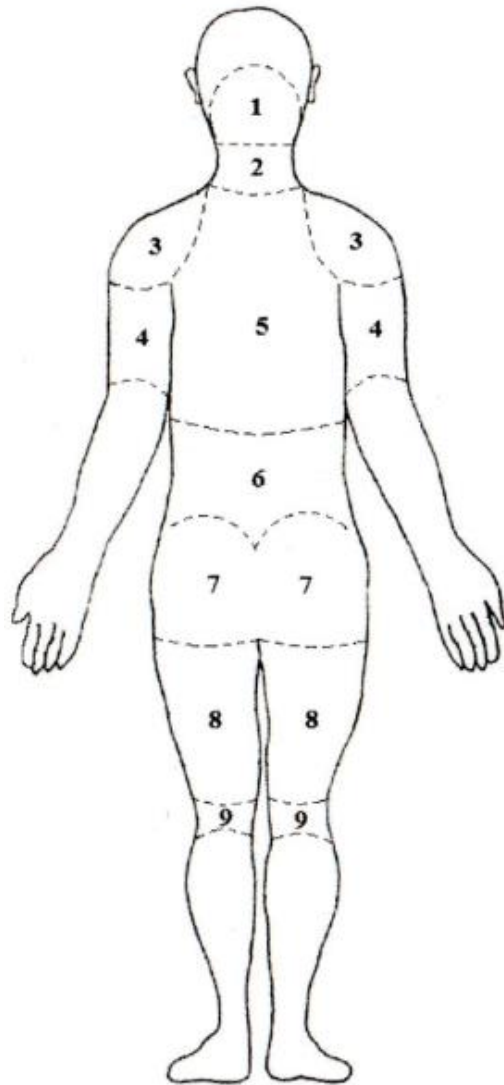
Nombre: <u>Jhonny A. Imbacuón B.</u>		N° de cédula: <u>040152675 - 1</u>	
Edad: <u>26</u> años.	Estatura: <u>1,69</u> cm.	Peso: <u>67</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X		X		
2.	Cervical	X		X			X		X			X				X
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X			X		X	X		X		X				X
6.	Lumbar		X		X		X		X			X	X			X
7.	Glúteos	X	X				X		X			X		X		
8.	Muslos		X	X			X	X				X	X			
9.	Poplíteas	X	X				X	X				X	X			

Anexo 45. Resultados del grado de incomodidad del participante 26

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

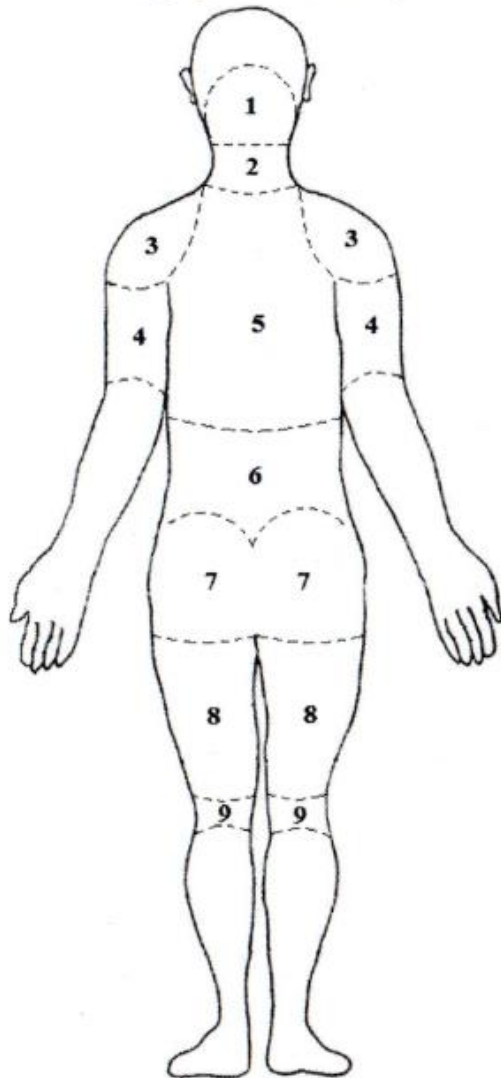
Nombre: RAMIRO EFREN ARECOTI		Nº de cédula: 040075880-1	
Edad: 52 años.	Estatura: 170 cm.	Peso: 78 kg.	Firma: <i>[Firma]</i>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X		X			X				X
2.	Cervical		X		X		X				X	X				X
3.	Deltoides		X	X			X		X			X				X
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X		X			X				X	X				X
6.	Lumbar		X		X			X			X		X			X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos		X	X				X	X				X	X		
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 46. Resultados del grado de incomodidad del participante 27

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

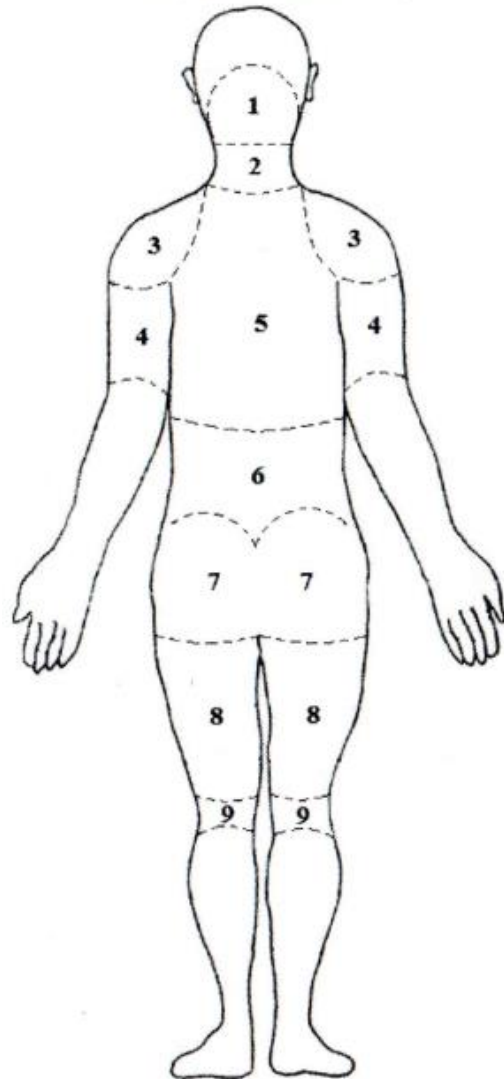
Nombre: <u>Alfredo R. Bolaños P</u>		N° de cédula: <u>0401035522</u>	
Edad: <u>38</u> años.	Estatura: <u>1,71</u> cm.	Peso: <u>90</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital				X	X	X				X		X			X
2.	Cervical				X	X		X			X	X				X
3.	Deltoides		X		X		X		X			X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X	X				X				X	X				X
6.	Lumbar		X		X			X			X		X			X
7.	Glúteos	X		X			X		X				X	X		X
8.	Muslos			X	X			X		X			X	X		
9.	Poplitea	X		X			X		X			X		X		

Anexo 47. Resultados del grado de incomodidad del participante 28

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: <u>Jhon J. Mejía M</u>		N° de cédula: <u>040140027-9</u>	
Edad: <u>19</u> años.	Estatura: <u>1.71</u> cm.	Peso: <u>67</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

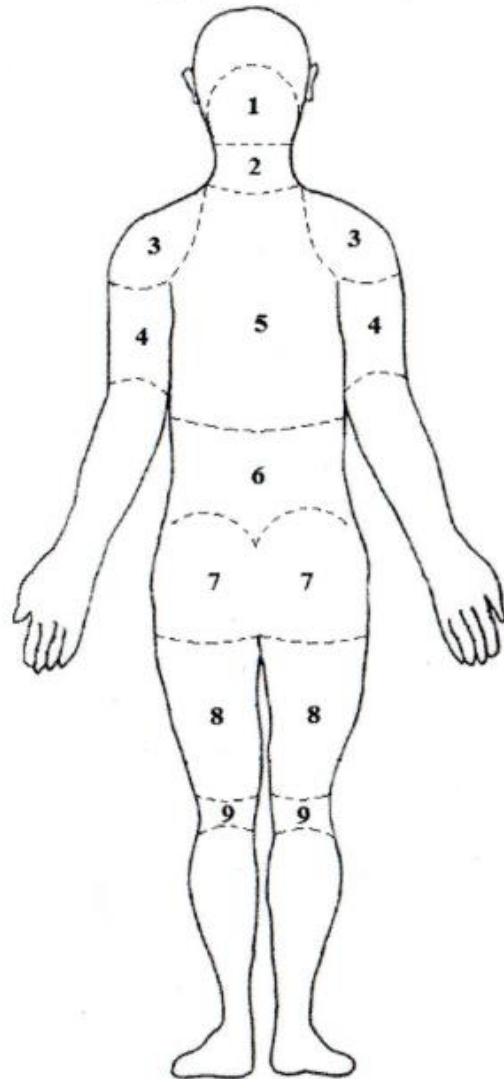
Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X	X			
2.	Cervical	X	X				X	X				X	X			
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X	X				X	X				X	X			
6.	Lumbar	X	X				X	X				X	X			
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X			
9.	Poplíteas	X	X				X	X				X	X			

Anexo 48. Resultados del grado de incomodidad del participante 29



Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

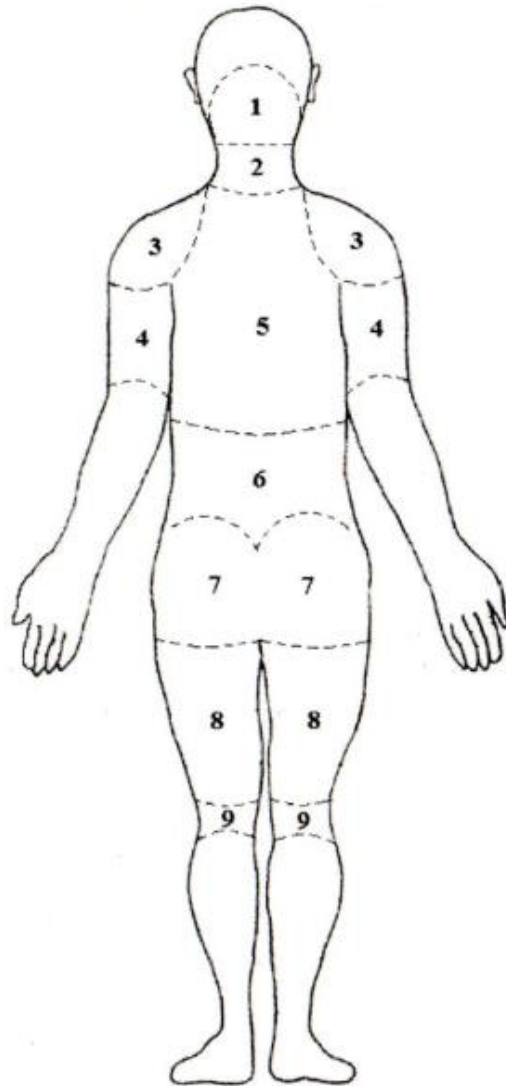
Nombre: <u>Kevin A. Mejía M.</u>		N° de cédula: <u>0401788617</u>	
Edad: <u>19</u> años.	Estatura: <u>1,72</u> cm.	Peso: <u>75</u> kg.	Firma:

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital				X	X		X	X				X	X		
2.	Cervical				X	X				X	X				X	X
3.	Deltoides	X	X				X	X				X	X			
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X		X			X		X			X		X		X
6.	Lumbar				X	X			X	X					X	X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos	X	X				X	X				X	X			
9.	Poplitea		X	X			X	X				X	X			

Anexo 49. Resultados del grado de incomodidad del participante 30

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

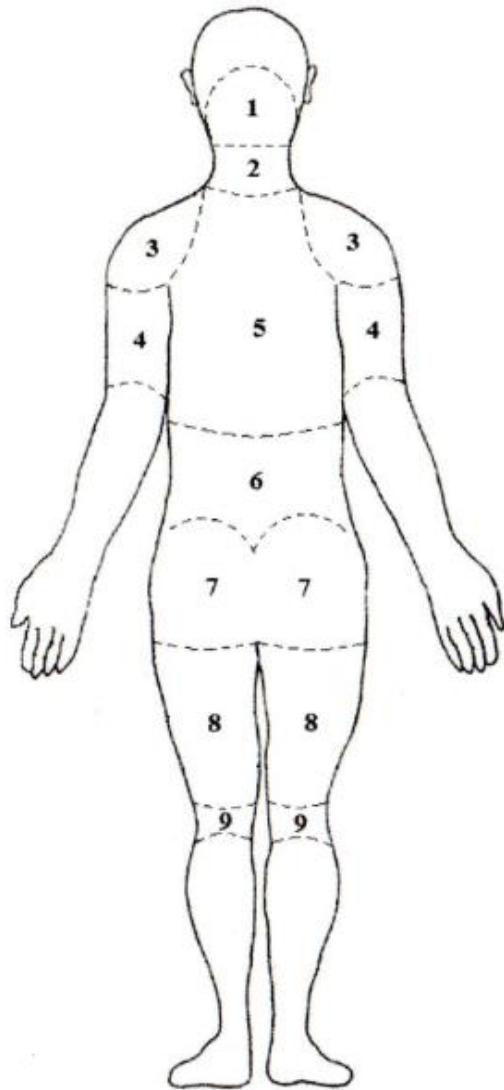
Nombre: <u>HUGO CHAMORRO</u>		N° de cédula: <u>040069546-6</u>	
Edad: <u>47</u> años.	Estatura: <u>1,75</u> cm.	Peso: <u>87</u> kg.	Firma:

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X		X			X		X			X		X		
2.	Cervical			X	X			X			X	X				X
3.	Deltoides			X	X			X		X		X			X	
4.	Brazos	X	X				X		X			X	X			
5.	Dorsal		X		X		X			X		X			X	
6.	Lumbar		X			X	X				X	X				X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X		X		
8.	Muslos		X	X				X	X				X	X		
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 50. Resultados del grado de incomodidad del participante 31

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

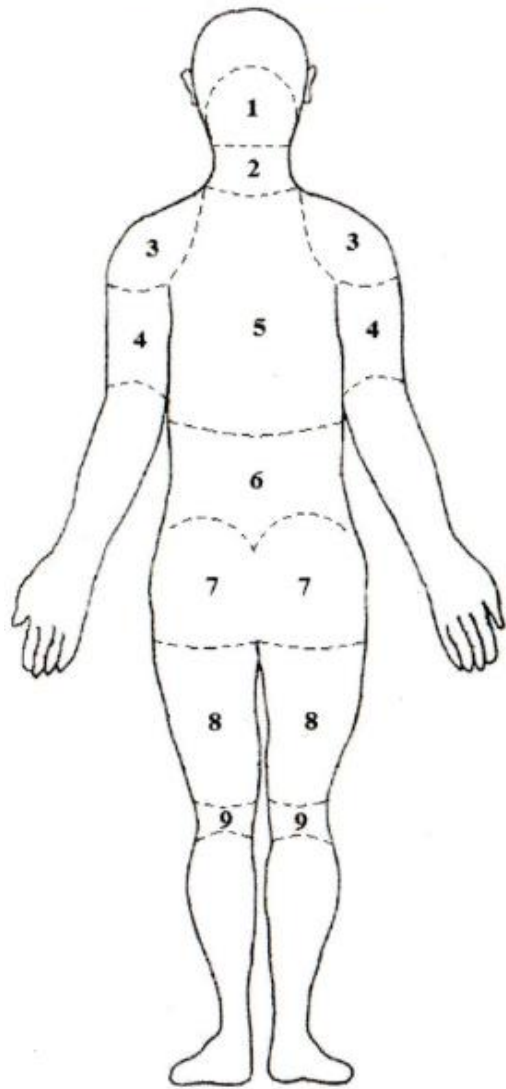
Nombre: <u>Brayan Padilla Medina</u>		N° de cédula: <u>04162637-3</u>	
Edad: <u>20</u> años.	Estatura: <u>175</u> cm.	Peso: <u>110</u> kg.	Firma: <u>Brayan Padilla</u>

Escala de Incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

N°	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	X	X				X	X				X	X			
2.	Cervical			X	X			X				X	X			X
3.	Deltoides		X	X			X	X				X		X		
4.	Brazos	X	X				X	X				X	X			
5.	Dorsal	X			X		X					X	X			X
6.	Lumbar	X				X	X					X	X			X
7.	Glúteos	X	X				X	X				X	X			
8.	Muslos		X	X			X	X				X	X			
9.	Poplitea	X	X				X	X				X	X			

Anexo 51. Resultados del grado de incomodidad del participante 32

Mapa posterior del cuerpo



Datos del participante

Nombre: <u>MARIO VILBA ARINO</u>		Nº de cédula: <u>0503359184</u>	
Edad: <u>27</u> años.	Estatura: <u>176</u> cm.	Peso: <u>73</u> kg.	Firma: <u>[Firma]</u>

Escala de incomodidad	
Puntuación	Referencia
1	Nada incómodo
2	Apenas incómodo
3	Bastante incómodo
4	Muy incómodo
5	Extremadamente incómodo

Nº	Región del cuerpo	Escala de incomodidad														
		105°					118°					130°				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Occipital	l					l	l				l			l	
2.	Cervical			l	l		l				l	l				l
3.	Deltoides		l	l			l	l				l	l			
4.	Brazos		l	l			l	l				l	l			
5.	Dorsal	l	l				l	l				l	l			
6.	Lumbar		l		l		l				l	l				l
7.	Glúteos	l	l				l	l				l	l			
8.	Muslos		l	l				l	l			l	l			
9.	Poplítea	l	l				l	l				l	l			

Anexo 52. Resultados del grado de incomodidad del participante 33